

14-12-2016

# Cambio tecnológico en la cadena de valor en los sectores de industria, transporte, servicios y residencial

Informe Final



## Equipo de Trabajo

---

### ***Grupo de Investigación en Energía, Ambiente y Desarrollo (EADE)***

***Universidad Jorge Tadeo Lozano***

Ph.D. Isaac Dyner Rezonzew  
Ph.D. Diego Gómez  
Dr.-Ing. Carlos Andrés Forero  
Dr.-Ing. Andrés Julián Aristizabal  
MSc. Bibiana Cuartas  
MSc. Grace Quiceno  
MSc. Raúl Ávila  
Ing. Enrique Ángel  
Ing. Andrea Méndez  
Ing. Jairo Chauta  
Ing. Jorge Nieves  
Ing. Carlos Andrés Álvarez  
Ing. Edison Giraldo

### ***Subdirección de Demanda***

***Unidad de Planeación Minero Energética***

Dr. Carlos García  
Ec. Carolina Sánchez  
Ing. Luis Alejandro Galvis  
Ing. Andrés Téllez  
Ing. Carolina Obando  
Ing. William Martínez  
Ing. Leonardo Camacho  
Ing. Omar Báez Daza

## 1 Resumen Ejecutivo

---

El constante desarrollo de la humanidad ha estado estrechamente relacionado con un aumento de la demanda de energía en diferentes sectores como lo son el industrial, transporte, terciario y residencial. Una de las bases para hacer frente de la mejor manera posible a estos cambios de la demanda es mediante la definición de modelos y escenarios que permitan proyectar las necesidades de cada uno de los sectores en un futuro cercano y establecer políticas públicas para orientar el comportamiento de los sistemas y tecnologías existentes en cada sector. Sin embargo, estas políticas, escenarios y modelos deben estar fundamentadas en el conocimiento claro del comportamiento de los sistemas, tecnologías y requerimientos energéticos relacionados con cada uno de los sectores durante los últimos años así como la evolución de la tecnología empleada para el aprovechamiento de las fuentes de energía disponibles en los usos finales. Este proyecto desarrollado en conjunto por el grupo de investigación en Energía, Ambiente y Desarrollo (EADE) de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en cabeza del prof. Ph.D Isaac Dyner, junto con el equipo de trabajo de la Subdirección de Demanda de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en cabeza del Dr Carlos Garcia pretende en general: i) establecer la forma en la cual se han producido los cambios tecnológicos y consumos energéticos en los principales procesos de cada uno de los sectores industria, transporte, residencial, terciario, agropecuario, construcción, y generación de energía eléctrica; ii) adelantar un ejercicio de prospectiva relacionado con el cambio tecnológico y consumo energético en los próximos 35 años; y iii) entender los principales elementos de política y planificación energética en el mediano y largo plazo. Este documento es el informe final que presenta los resultados compilados de las actividades desarrolladas bajo el marco del convenio No 314484-001-2016 entre la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

La primera parte del documento presenta los diferentes análisis de la variación de la demanda de energía para los sectores Industria, Transporte, Terciario (Comercio y Servicios) y Residencial en los últimos 30 años. Más aún, se analizaron los sectores Agropecuario, Construcción y Generación de energía eléctrica como valor agregado al marco contractual definido en el convenio; esto teniendo en cuenta la importancia que estos sectores tendrán en los próximos años. Adicionalmente, esta parte incluye, para cada uno de los sectores, el análisis de las diferentes matrices insumo-producto a nivel nacional entre los años 2000 y 2015. Junto a esto, se llevó a cabo una comparación de la matriz insumo-producto de cada sector con las matrices del sector en diversas economías a nivel internacional. Países tales como Alemania, Reino Unido, Corea del Sur, Suecia, Estados Unidos, Chile y México fueron tenidos en cuenta y analizados. La primera parte del documento finaliza con la identificación de las actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica de cada uno de los sectores, lo cual permite identificar como son las relaciones entre las actividades del sector con las demás actividades de la economía nacional, y cuáles son las etapas de proceso y usos finales que presentan mayores demandas de energía para cada sector y/o subsector (Sección 7).

La segunda parte del documento (Sección 8) comprende una revisión al análisis de la evolución tecnológica de los principales usos finales de energía; estos usos finales se clasificaron como fuerza motriz, generación de calor, iluminación, refrigeración y acondicionamiento de aire. Para cada uno de estos usos se realizó una exploración de la evolución histórica de la tecnología a nivel internacional, seguida de una compilación de la evolución histórica en Colombia, permitiendo identificar hitos y aspectos que afectaron la penetración y proliferación de ciertas tecnologías en los últimos años. Finalmente, para cada una de las tecnologías relacionadas con los usos finales se llevó a cabo un ejercicio de prospectiva de cambio tecnológico empleando técnicas de minerías de datos y vigilancia tecnológica. Esto permitió identificar aquellas tecnologías que se encuentran en etapa de madurez, de crecimiento tardío o en sus etapas de exploración relacionadas con cada uso final de la energía.

La tercera parte del documento presenta el análisis Delphi de prospectiva de cambio tecnológico en los diferentes sectores (Sección 9). Para esto se realizaron entrevistas con expertos nacionales de empresas reconocidas como Terpel, Ecopetrol, Empresas Públicas de Medellín (EPM), Haceb, y Carvajal. Adicionalmente se presenta la metodología de elaboración de escenarios que se siguió para la realización de un taller de escenarios con expertos internacionales y nacionales cuyo objetivo era compartir sus experiencias en la identificación de posibles cambios tecnológicos que se darán en cada uno de los sectores objeto de estudio. Esta parte termina con las conclusiones que derivaron de este taller de escenarios, diferentes aspectos que serán tenidos en cuenta en la siguiente etapa del proyecto.

Posteriormente el documento presenta una introducción a los modelos de investigación conjunto que se están desarrollando entre los integrantes del grupo de Investigación en Energía, Ambiente y Desarrollo (EADE) y los integrantes de la Subdirección de Demanda de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (Sección 10). Estos modelos se basan en herramientas de cálculo soportadas por balances de energía a través de los años en el periodo 2015-2050; así mismo, se presentan las relaciones causales de los modelos que se están desarrollando en la tercera etapa del proyecto con base en la teoría de Dinámica de Sistemas y resultados a diferentes escenarios sobre posibles evoluciones de la transformación tecnológica y el uso de los energéticos hasta el año 2050.

Las siguientes secciones (11 y 12) recopilan información de mejoras a la encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Industria Manufacturera EDIT junto a algunas recomendaciones sobre actividades que deben ser introducidas, promovidas o incentivadas por los distintos actores involucrados en la cadena de valor tecnológico con el propósito de fomentar transformaciones tecnológicas para cada uno de los usos finales y sectores objeto del estudio.

De esta forma el documento presentado a continuación recopila información importante de diferentes sectores y usos finales de energía, su comportamiento en los últimos 30 años y su posible variación en los siguientes 35 años. De tal manera que la información aquí descrita y el análisis realizado brindarán herramientas adecuadas para la definición de posibles estrategias de política pública que permitan el desarrollo eficiente y sostenible de cada sector. Así mismo permitirán identificar los puntos clave en los cuales promover el desarrollo de alternativas innovadoras para optimizar la demanda de energía de cada sector.



## 2 Tabla de contenido

1	Resumen Ejecutivo .....	3
2	Tabla de contenido.....	5
3	Lista de Figuras.....	10
4	Lista de Tablas .....	22
5	Objetivos .....	25
5.1	Objetivos generales.....	25
5.2	Objetivos específicos.....	25
6	Metodología.....	26
7	Análisis de consumo energético, matriz insumo producto y cadena de valor en los sectores de la economía nacional .....	33
7.1	Sector Industria .....	33
7.1.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector industria y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	33
7.1.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector industria a nivel nacional.....	41
7.1.3	Comparación matriz insumo producto nacional del sector industria con el contexto internacional .....	53
7.1.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector industria	81
7.2	Sector Transporte.....	97
7.2.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector transporte y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	97
7.2.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector transporte a nivel nacional.....	107
7.2.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector transporte con el contexto internacional .....	113
7.2.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector transporte.....	131
7.3	Sector Terciario-comercio .....	137
7.3.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector terciario y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	137
7.3.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector terciario-comercio a nivel nacional	140
7.3.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector terciario-comercio con el contexto internacional .....	143
7.3.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector terciario-comercio.....	149
7.4	Sector Terciario-servicios .....	155
7.4.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector terciario-servicios y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	155
7.4.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector terciario-servicios a nivel nacional	158
7.4.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector terciario-servicios con el contexto internacional .....	174

7.4.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector terciario-servicios .....	199
7.5	Sector Residencial .....	211
7.5.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector residencial y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	211
7.5.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector residencial a nivel nacional.....	221
7.5.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector residencial con el contexto internacional .....	225
7.5.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector residencial .....	236
7.6	Sector Agropecuario.....	240
7.6.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector agropecuario e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	240
7.6.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector agropecuario a nivel nacional...	243
7.6.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector agropecuario con el contexto internacional .....	245
7.6.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector agropecuario .....	252
7.7	Sector Construcción .....	254
7.7.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector construcción e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética.....	254
7.7.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector construcción a nivel nacional ...	256
7.7.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector construcción con el contexto internacional .....	259
7.7.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector construcción.....	266
7.8	Sector Generación de energía eléctrica .....	268
7.8.1	Descripción histórica del consumo de energía del sector generación de energía eléctrica e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética .....	268
7.8.2	Análisis de la matriz insumo-producto del sector generación de energía eléctrica a nivel nacional .....	279
7.8.3	Comparación matriz-insumo producto nacional del sector generación de energía eléctrica con el contexto internacional.....	281
7.8.4.	Participación del sector generación en el PIB .....	289
7.8.5.	Participación del sector generación en la demanda total.....	290
7.8.6.	Comparación de matrices insumo producto .....	291
7.8.4	Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector generación de energía eléctrica .....	297
7.8.5	Tendencias.....	299
8	Análisis de evolución tecnológica de los principales usos finales de la energía .....	301
8.1	Fuerza Motriz .....	301
8.1.1	Clasificación De Los Motores.....	301
8.1.2	Evolución Histórica de la Tecnología a Nivel Internacional.....	301
8.1.3	Evolución histórica de la tecnología en Colombia.....	304
8.1.4	Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica	307

8.2	Generación de calor .....	334
8.2.1	Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional .....	335
8.2.2	Evolución histórica de la tecnología en Colombia.....	346
8.2.3	Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica 349	
8.3	Iluminación.....	358
8.3.1	Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional .....	358
8.3.2	Evolución histórica de la tecnología en Colombia.....	361
8.3.3	Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica 364	
8.4	Refrigeración .....	369
8.4.1	Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional .....	369
8.4.2	Evolución histórica de la tecnología en Colombia.....	370
8.4.3	Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica 372	
8.5	Acondicionamiento de aire .....	374
8.5.1	Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional .....	374
8.5.2	Evolución histórica de la tecnología en Colombia.....	376
8.5.3	Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica 378	
9	Análisis Delphi prospectiva de cambio tecnológico en los diferentes sectores.....	385
9.1	Memorias reuniones realizadas con expertos nacionales .....	385
9.1.1	Reunión Terpel_GNV.....	385
9.1.2	Reunión EPM_GNV.....	386
9.1.3	Reunión Ecopetrol_GNV.....	387
9.1.4	Reunión Carvajal.....	388
9.1.5	Reunión Haceb .....	390
9.2	Metodología de identificación de variables para análisis de escenarios .....	392
9.2.1	Horizonte temporal .....	392
9.2.2	Determinación de tendencias .....	392
9.2.3	Los ejes estructurantes inciertos.....	399
9.2.4	Estructuración de los escenarios.....	402
9.2.5	Infografía línea base de cada sector.....	404
9.3	Conclusiones preliminares análisis de escenarios desarrollado con expertos nacionales e internacionales.....	410
9.3.1	Ejercicio de construcción de escenarios, salieron de cada mesa (cinco sectores) cuatro escenarios con ideas clave con corte en los años 2030 y 2050.....	410
9.3.2	Ideas Claves del Ejercicio PESTEL por sector:.....	424
9.4	Resultados y las recomendaciones de las exposiciones de los resultados del trabajo en cada mesa.....	431
9.4.1	Sector Industria: .....	431
9.4.2	Sector Residencial: .....	433
9.4.3	Sector Terciario .....	433
9.4.4	Sector Generación de Energía Eléctrica: .....	435
9.5	Conclusiones que salieron del cierre de los expertos de las compañías y de los expertos internacionales.....	441

9.5.1	Sector Industria .....	441
9.5.2	Sector Residencial .....	441
9.5.3	Sector Terciario .....	442
9.5.4	Sector Transporte:.....	443
9.6	Ajustes clave entre la UPME y UJTL para cada grupo / sector. Ejercicio Retroalimentación 446	
9.6.1	Sector Industria: .....	446
9.6.2	Sector Residencial: .....	446
9.6.3	Sector Terciario .....	446
9.6.4	Sector generación de energía eléctrica.....	447
9.6.5	Sector Transporte.....	447
9.7	Descripción detallada de los sectores en los escenarios planteados.....	447
9.7.1	Escenario ++ Turing .....	447
9.7.2	Escenario +- Matrix.....	452
9.7.3	Escenario – Another brick in the Wall.....	455
9.7.4	Escenario -+ Dukes of Hazzard .....	458
10	Modelos de investigación conjuntos para evaluación demanda energética de cada uno de los sectores.....	462
10.1	Modelos de cálculo simplificados usando Excel.....	462
10.2	Modelos de cálculo avanzado empleando Dinámica de Sistemas.....	463
10.2.1	Descripción de los análisis y modelos de dinámica de sistemas creados en el marco del convenio .....	466
10.2.2	Entrega de los modelos de dinámica de sistemas creados en el marco del convenio 488	
10.2.3	Resultados de los modelos de dinámica de sistemas .....	492
11	Revisión y propuesta de mejoras de la encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Industria Manufacturera EDIT.....	500
11.1	Definiciones de innovación .....	500
11.2	Encuesta de I+D e Innovación Empresarial (Business R&D and Innovation Survey – BRIDIS)501	
11.3	Encuesta de Innovación de la Comunidad Europea (Community Innovation Survey – CIS) 503	
11.4	Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica – EDIT.....	504
12	Recomendaciones sobre actividades para los diferentes actores involucrados en la cadena de valor.....	510
12.1	Transporte .....	510
12.2	Residencial.....	510
12.3	Industria .....	511
12.4	Servicios.....	511
12.5	Generación de energía eléctrica y disponibilidad de fuentes energéticas .....	511
13	Agradecimientos .....	513
14	Conclusiones.....	514
15	Anexos.....	516
15.1	Anexo 1. Carpeta algoritmos de cálculo y herramientas simplificadas modelos conjuntos UJTL-UPME para análisis escenarios .....	516
15.2	Anexo 2. Lista de asistentes a taller de escenarios análisis Delphi .....	516

15.3	Anexo 3. Copia de las presentaciones realizadas por los expertos internacionales en taller escenarios como insumo para Análisis Delphi.....	516
15.4	Anexo 4. Copia de los videos con las presentaciones del primer día del taller de escenarios.....	516
15.5	Anexo 5. Infografía metodología general del proyecto y líneas de tiempo usos finales de energía.....	516
16	Bibliografía .....	517

### 3 Lista de Figuras

Figura 1 Estructura general del proyecto de investigación indicando cada una de las etapas descritas en el documento .....	29
Figura 2 Organigrama del equipo de trabajo .....	30
Figura 3 Resumen general de la metodología empleada en esta primera fase del proyecto .....	30
Figura 4 Resumen general elementos considerados para realización de las cadenas de valor .....	31
Figura 5 Resumen general elementos considerados para realización análisis de escenarios .....	31
Figura 6 Variación de la demanda de energía sector Industria.....	33
Figura 7 Hitos en la evolución del consumo energético industrial .....	34
Figura 8 Desacople de la dinámica de expansión industrial .....	36
Figura 9 Auges minero-energéticos en industria vs. Exportaciones de commodities en Colombia .	37
Figura 10 Variación del consumo de derivados del petróleo y gasolina motor.....	38
Figura 11 Variación del consumo de gas natural y gas licuado en el sector industrial .....	39
Figura 12 Variación del consumo de electricidad y auto-cogeneración en el sector industrial .....	39
Figura 13 Consumo de carbón mineral y afines en el sector industria .....	40
Figura 14 Variación del consumo de biocombustibles en la industria.....	41
Figura 15 Variación matriz insumo producto, subsector alimentos, bebida y tabacos años, 2000 a 2014.....	42
Figura 16 Consumo en miles de millones discriminado por energético para industria de alimentos, bebida y tabacos .....	43
Figura 17 Variación porcentual consumos por energético durante 2000-2014 .....	43
Figura 18 Porcentaje de participación por producto en el subsector industria Papel e Imprenta...	44
Figura 19 Variación en el consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria de Papel e Imprenta.....	45
Figura 20 Variación porcentual discriminado por energético en la industria de Papel e Imprenta .	45
Figura 21 Porcentaje de participación por producto en la industria de refinerías durante el periodo 2000-2014 .....	46
Figura 22 Consumo en miles de millones discriminado por energético en el sector refinerías .....	47
Figura 23 Variación porcentual del gasto por energético sobre el total consumido en energía.....	47
Figura 24 Porcentajes de participación por producto en la industria de sustancias químicas entre 2000 y 2014.....	48
Figura 25 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria química.....	48
Figura 26 Variación porcentual del gasto por energético sobre el total consumido en energía.....	49
Figura 27 Variación de los porcentajes de participación por producto en el sector industria minerales no metálicos .....	49
Figura 28 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria minerales no metálicos.....	50
Figura 29 Variación del porcentaje de gasto en energético para el sector industria minerales no metálicos .....	50

Figura 30 Variación en el porcentaje de participación por producto en la industria de minerales metálicos .....	51
Figura 31 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético.....	52
Figura 32 Variación porcentual de gasto por energético sobre el total consumido en energía.....	52
Figura 33 % Participación industria en consumo final energía, IEA .....	54
Figura 34. % Participación PIB: Alimentos, bebidas y tabaco .....	56
Figura 35. % Participación consumo de energéticos: Alimentos, bebidas y tabaco .....	57
Figura 36. Consumo de energéticos en millones de dólares: Alimentos, bebidas y tabaco .....	57
Figura 37 Estructura de la oferta y demanda del subsector alimentos, bebidas y tabaco .....	60
Figura 38. % Participación PIB: Pulpa, papel e impresión .....	61
Figura 39. % Participación consumo de energéticos: Pulpa, papel e impresión.....	62
Figura 40. Consumo de energéticos en millones de dólares: Pulpa, papel e impresión .....	62
Figura 41 Estructura general oferta y demanda subsector pulpa, papel e impresión.....	65
Figura 42. % Participación PIB: Coque, refinación petróleo.....	66
Figura 43. % Participación consumo de energéticos: Coque, refinación petróleo .....	66
Figura 44. Consumo de energéticos en Millones de dólares: Coque, refinación petróleo.....	67
Figura 45 Estructura de la oferta y demanda subsector Coque, productos de la refinación del petróleo.....	69
Figura 46. % Participación PIB: Productos químicos .....	69
Figura 47. % Participación consumo energéticos: Productos químicos.....	70
Figura 48. Consumo de energéticos en millones de dólares: Productos químicos.....	70
Figura 49 Comparación estructura oferta y demanda subsector productos químicos .....	73
Figura 50. % Participación PIB: Minerales no metálicos .....	73
Figura 51. % Participación consumo de energéticos: Minerales no metálicos.....	74
Figura 52. Consumo de energéticos en millones de dólares: Minerales no metálicos.....	74
Figura 53 Comparación de la estructura oferta y demanda subsector productos minerales no metálicos .....	77
Figura 54. % Participación PIB: Metales básicos .....	77
Figura 55. % Participación del consumo de energéticos: Metales básicos.....	78
Figura 56. Consumo de energéticos en millones de dólares: Metales básicos.....	78
Figura 57 Estructura oferta y demanda subsector Metales básicos .....	81
Figura 58. Usos finales energéticos agregación industria, 2014 .....	82
Figura 59. Cadena de alimentos.....	84
Figura 60. Usos finales energéticos Alimentos, 2014 .....	86
Figura 61. Usos finales energéticos en el sector Bebidas, 2014.....	87
Figura 62. Cadena de valor subsector bebidas .....	87
Figura 63. Cadena de valor subsector tabaco .....	88
Figura 64. Usos finales de energéticos en sector metalúrgicos básicos, 2014 .....	90
Figura 65. Cadena de metalúrgicos básicos .....	90
Figura 66. Usos finales de energéticos en sector minerales no metálicos, 2014 .....	91
Figura 67. Cadena de valor subsector minerales no metálicos.....	92
Figura 68. Usos finales energéticos papel, cartón e impresión, 2014 .....	93
Figura 69. Cadena de valor subsector papel e imprenta .....	93

Figura 70. Usos finales energéticos productos químicos, 2014 .....	94
Figura 71. Cadena de productos químicos .....	95
Figura 72. Usos finales energéticos coquización y refinerías, 2014.....	96
Figura 73. Cadena de valor subsector refinación del petróleo .....	96
Figura 74. Variación de la demanda energética del sector transporte 1980-2015 .....	97
Figura 75. Variación de la venta de vehículos 2006-2012 .....	98
Figura 76. Variación de demanda energética por subsector .....	98
Figura 77. Variación de la demanda discriminada por tipo de pasajero y carga para el subsector terrestre .....	99
Figura 78. Variación de la demanda de diésel y gasolina motor.....	100
Figura 79. Variación de la demanda de gas natural, y kerosene y jet fuel.....	101
Figura 80. Variación de la demanda de carbón mineral y energía eléctrica .....	102
Figura 81. Variación de la demanda de biocombustibles .....	102
Figura 82. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte terrestre .....	103
Figura 83. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte aéreo .....	104
Figura 84. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte fluvial .....	104
Figura 85. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte marítimo .....	105
Figura 86. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte ferroviario.....	106
Figura 87. Línea del tiempo con principales hitos para el sector transporte.....	107
Figura 88. Variación del consumo subsector transporte terrestre .....	107
Figura 89. Evolución del precio de gasolina (izq.) y diesel (der.) en Bogotá .....	108
Figura 90. Variación del porcentaje de participación de los energéticos - subsector transporte terrestre .....	108
Figura 91. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte terrestre .....	109
Figura 92. Variación del consumo subsector transporte vía acuática .....	110
Figura 93. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte acuático .....	110
Figura 94. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte por vía aérea .....	111
Figura 95. Variación del consumo en dinero subsector transporte vía aérea .....	112
Figura 96. Variación del porcentaje de participación de los energéticos - subsector transporte aéreo .....	112
Figura 97. Distribución de consumo de energía total efectiva por sector.....	113
Figura 98. Relación entre la tasa de motorización y el PIB per cápita en países desarrollados y países de américa latina, 2003-2010 (En vehículos motos por 1000 personas y dólares PPA a precios constantes de 2005) .....	114
Figura 99 Demanda energética de energía primaria por sector en Irlanda 2013 .....	116
Figura 100. Participación de la demanda final de energía para el sector transporte en Irlanda por tipo de combustible para el 2013 .....	117
Figura 101. Consumo final por sector en Corea del Sur 1973-2010 .....	118
Figura 102. Consumo de energía final por sector en México para 2010 .....	119
Figura 103. Estructura de la inversión en la infraestructura del sector transporte en México .....	120



Figura 104. Consumo de energía final por sector y productos energéticos para 2013 en Singapur .....	120
Figura 105. Consumo de gas natural (arriba) y petróleo para 2013 (abajo) por sector .....	121
Figura 106. Consumo de energía primaria por sector para España .....	122
Figura 107. % Participación PIB: Transporte y almacenamiento .....	123
Figura 108. % Participación demanda: Transporte y almacenamiento .....	123
Figura 109. Matrices insumo- producto del sector transporte par para Colombia, Chile, Alemania e Irlanda, para 2011 .....	124
Figura 110. Matrices insumo- producto del sector transporte par para Colombia, Israel, Corea del sur y México para 2011 .....	125
Figura 111. Matrices insumo- producto del sector transporte par para Colombia, Singapur y España para 2011 .....	125
Figura 112. Comparación de las principales actividades requeridas por los países para el sector de transporte 2011.....	129
Figura 113. Comparación de la demanda de energéticos en el sector transporte en millones de dólares.....	131
Figura 114. Comparación del % de participación de la demanda de energéticos en el sector transporte.....	131
Figura 115. Evolución del consumo energético en TJ de los subsectores del transporte terrestre	132
Figura 116 Cadena de valor para el sector transporte - transporte terrestre de carga.....	134
Figura 117. Cadena de valor para el sector transporte - transporte público.....	135
Figura 118. Consumo General del Sector Comercial.....	137
Figura 119. Participación porcentual por energético en el sector comercio según Bariloche y BECO .....	138
Figura 120. Variación en la demanda de Energía Eléctrica en el sector comercio. ....	138
Figura 121. Variación en la demanda de Derivados del Petróleo en el sector comercio según IEA, Bariloche y BECO. ....	139
Figura 122. Variación en la demanda de GN y GLP en el sector comercio según IEA, Bariloche y BECO .....	140
Figura 123. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2000.....	141
Figura 124. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2014.....	141
Figura 125. Evolución del gasto en energía para el sector comercio.....	142
Figura 126. Evolución porcentual en el gasto por energético para el sector comercio.....	143
Figura 127. Participación del PIB sectorial en el PIB nacional.....	143
Figura 128. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector comercio. ....	145
Figura 129. Oferta y demanda de productos en el sector comercio para diferentes países. ....	146
Figura 130. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país ...	148
Figura 131. Participación de la demanda energética dentro del sector .....	149
Figura 132 Cadena de valor sector comercio .....	150
Figura 133. Participación por uso final en región centro y región costa.....	154
Figura 134 Consumo Total energía Hotelería y Servicios.....	155
Figura 135 Consumo de gas en Hotelería y servicios .....	156
Figura 136 Consumo Gasolina y Diesel Oil en Hotelería y Servicios .....	157

Figura 137 Consumo Energía Eléctrica en Hotelería y Servicios .....	158
Figura 138 Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas: Porcentaje de participación por producto .....	159
Figura 139: Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	160
Figura 140: Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	160
Figura 141 Servicios públicos y de gobierno: Porcentaje de participación por producto.....	161
Figura 142 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	162
Figura 143 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	162
Figura 144 Porcentaje de participación por producto .....	163
Figura 145 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	164
Figura 146 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	164
Figura 147 Porcentaje de participación por producto .....	165
Figura 148 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	166
Figura 149 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	166
Figura 150 Porcentaje de participación por producto .....	167
Figura 151 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	168
Figura 152 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	168
Figura 153 Porcentaje de participación por producto .....	169
Figura 154 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	170
Figura 155 porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía.....	170
Figura 156 Porcentaje de participación por producto .....	171
Figura 157 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	172
Figura 158 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	172
Figura 159 Porcentaje de participación por producto .....	173
Figura 160 Consumo en miles de millones discriminado por energético .....	174
Figura 161 Servicios de educación y cultura: Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía .....	174
Figura 162. Porcentaje de participación del sector servicios en el consumo total de energéticos	176
Figura 163. % Participación PIB: Alojamiento, suministro de comidas y bebidas.....	178
Figura 164. % Participación consumo de energéticos: alojamiento, suministro de comidas y bebidas .....	179
Figura 165. Consumo de energéticos en millones de dólares: alojamiento, suministro de comidas y bebidas .....	180
Figura 166 Comparación estructura oferta y demanda del subsector .....	183
Figura 167. % Participación PIB: Servicios de intermediación financiera .....	184
Figura 168. % Participación consumo de energéticos: Servicios de intermediación financiera .....	185
Figura 169. Consumo de energéticos en millones de dólares: Servicios de intermediación financiera .....	185
Figura 170 Comparación estructura oferta y demanda para el subsector .....	188
Figura 171. % Participación PIB: Servicios sociales y de salud .....	189
Figura 172. % Participación consumo de energéticos: servicios sociales y de salud .....	190
Figura 173. Consumo de energéticos en millones de dólares: servicios sociales y de salud.....	190

Figura 174. Comparación de la estructura de la oferta y demanda del subsector servicios sociales y de salud .....	193
Figura 175. % Participación PIB: Educación .....	194
Figura 176. % Participación consumo de energéticos: Educación .....	195
Figura 177. Consumo de energéticos en millones de dólares: Educación .....	196
Figura 178. Oferta y demanda del subsector educación a los demás subsectores .....	198
Figura 179. Cadena de valor global del sector servicios .....	199
Figura 180. Participación del uso final de energéticos – sector servicios .....	200
Figura 181. Cadena de valor sector Alojamiento, suministro de comidas y bebidas .....	201
Figura 182. Participación del uso final de energéticos – Alojamiento, suministro de comidas y bebidas .....	203
Figura 183. Cadena de valor sector de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos .....	204
Figura 184. Participación del uso de energéticos por uso final – intermediación financiera, de seguros y servicios conexos .....	205
Figura 185. Cadena de valor sector de educación .....	206
Figura 186. Participación del uso de energéticos por aplicación final – sector educativo .....	208
Figura 187. Cadena de valor sector de servicios de salud.....	209
Figura 188. Participación del uso de energéticos por aplicación final – sector salud.....	210
Figura 189. Variación de la demanda energética - 1980-2015 .....	211
Figura 190 Variación de la demanda de energía debido a fenómenos socioeconómicos y políticos .....	217
Figura 191 Variación de la demanda energética eléctrica - 1980-2015.....	218
Figura 192 Variación de la demanda gas (natural y licuado del petróleo) - 1980-2015 .....	218
Figura 193 Variación de la demanda de leña - 1980-2015.....	219
Figura 194 Variación de la demanda de carbón - 1980-2015 .....	220
Figura 195 Variación de la demanda de derivados del petróleo - 1980-2015 .....	220
Figura 196 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2000 .....	222
Figura 197 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2000 .....	222
Figura 198 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2010 .....	223
Figura 199 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2014 .....	223
Figura 200 Variación del gasto económico relacionado a la demanda de energía, sector residencial .....	224
Figura 201 Variación del peso porcentual relacionado a la demanda de energía, sector residencial .....	225
Figura 202 Matriz insumo producto Colombia, 2011 .....	226
Figura 203 Comparación gasto económico por países, matriz insumo producto 2011.....	230
Figura 204 Identificación de gastos comunes en los países analizados, matriz insumo producto 2011.....	231

Figura 205 Gasto económico total del sector residencial por país, matriz insumo producto 2011	232
Figura 206. Porcentaje de participación de las actividades relacionadas con energía, en el gasto económico total del sector. ....	235
Figura 207 Cadena de valor del sector residencial	
Fuente: elaboración propia.....	239
Figura 208. Consumo General del Sector Agropecuario.....	240
Figura 209. Variación en la demanda de electricidad en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO.....	241
Figura 210. Variación en la demanda de biocombustibles, leña, bagazo y residuos en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO.....	241
Figura 211. Variación en la demanda de combustibles derivados del petróleo en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO. ....	242
Figura 212. Comparativa entre el consumo de Biomasa y derivados del petróleo para el sector agrícola.....	242
Figura 213. Matriz Insumo-Producto para el Sector Agrícola en el año 2000. ....	243
Figura 214. Matriz Insumo-Producto para el Sector Agrícola en el año 2014. ....	244
Figura 215. Evolución del gasto en energía para el sector agrícola.....	244
Figura 216. Evolución porcentual en el gasto por energético. ....	245
Figura 217. Participación del PIB sectorial en el PIB nacional.....	245
Figura 218. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector agropecuario....	248
Figura 219. Oferta y demanda de productos en el sector agropecuario para diferentes países. ..	249
Figura 220. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país ...	251
Figura 221. Participación de la demanda energética dentro del sector .....	251
Figura 222. Cadena de valor Sector Agropecuario.....	252
Figura 223. Área cultivada por tipo de actividad .....	254
Figura 224. Consumo General del Sector Construcción.....	254
Figura 225. Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV), Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCV). Variación Porcentual.....	255
Figura 226. Variación en la demanda de Energía Eléctrica en el sector construcción según IEA, Bariloche y BECO. ....	255
Figura 227. Variación en la demanda de Petróleo en el según IEA, Bariloche y BECO. ....	255
Figura 228. Variación en la demanda de Productos Derivados del Petróleo en el sector construcción según IEA, Bariloche y BECO.....	256
Figura 229. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2000.....	257
Figura 230. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2014.....	257
Figura 231. Evolución del gasto en energía para el sector construcción.....	258
Figura 232. Evolución de la participación porcentual en el gasto por energético para el sector comercio.....	259
Figura 233. Participación del PIB sectorial dentro del PIB nacional.....	259
Figura 234. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector de la construcción. ....	262
Figura 235. Oferta y demanda de productos en el sector construcción para diferentes países. ...	263
Figura 236. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país ...	265

Figura 237. Participación de la demanda energética dentro del sector .....	266
Figura 238 Cadena de valor sector Construcción.....	266
Figura 239. Variación de la demanda energética del sector generación de energía.....	268
Figura 240. Variación de la generación de energía en comparación con el aumento poblacional	269
Figura 241. Variación del consumo energético por subsector- generación de energía .....	270
Figura 242. Variación en la generación por subsector- generación de energía.....	271
Figura 243. Variación de la eficiencia de generación por subsector- generación de energía .....	271
Figura 244. Variación del consumo de hidroenergía en centrales hidroeléctricas.....	272
Figura 245. Variación del consumo de gas natural y carbón en centrales térmicas.....	273
Figura 246. Variación del consumo de energéticos en centrales de auto y cogeneración.....	274
Figura 247. Línea del tiempo con principales hitos para el sector de generación de energía.....	275
Figura 248. Línea del tiempo centrales hidroeléctricas .....	276
Figura 249. Línea del tiempo centrales termoeléctricas.....	278
Figura 250. Variación de la capacidad instalada acumulada discriminada por tipo de central.....	278
Figura 251. Variación del consumo en dinero sector generación de energía.....	279
Figura 252. Variación del porcentaje de participación de los energéticos – sector de generación de energía.....	280
Figura 253. Variación del porcentaje de participación de los energéticos (sin electricidad) sector de generación de energía.....	280
Figura 254. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto sector de generación de energía.....	281
Figura 255. Participación de combustible en la capacidad de generación para 2010 (izq.) y 2015 (der.) en Colombia.....	282
Figura 256. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía 2000-2011 en Chile.....	283
Figura 257. Participación de las diferentes fuentes energéticas en la capacidad instalada en 2014 para Alemania .....	284
Figura 258. Participación de las fuentes energéticas empleadas en la generación de energía en Irlanda .....	284
Figura 259. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía en Israel.....	285
Figura 260. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía en Corea.....	286
Figura 261. Flujo eléctrico en GWh para Singapur para el 2014.....	288
Figura 262. Capacidad de generación (izq.) y generación neta (der.) para 2013 en España .....	289
Figura 263. % Participación PIB: Electricidad, gas y agua .....	290
Figura 264. % Participación demanda: Electricidad, gas y agua .....	290
Figura 265. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Chile, Alemania, e Irlanda para 2011 .....	292
Figura 266. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Israel, Corea del sur y México para 2011.....	292
Figura 267. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Singapur y España para 2011 .....	293
Figura 268. Comparación de las principales actividades requeridas por los países para el sector de generación de energía 2011.....	295

Figura 269. Comparación de la demanda de energéticos en el sector transporte en millones de dólares.....	296
Figura 270. Comparación del % de participación de la demanda de energéticos en el sector transporte.....	297
Figura 271. Distribución del consumo de energéticos por tipo de central en TJ para 2014.....	298
Figura 272. Consumo de energéticos en el sector de generación de energía en TJ para 2014.....	298
Figura 273. Cadena de valor para el sector de generación de energía.....	300
Figura 274. Línea de tiempo de la evolución de los motores de combustión interna y motores eléctricos a nivel mundial.....	302
Figura 275. Línea de tiempo de la evolución de los motores de combustión interna y motores eléctricos en Colombia.....	307
Figura 276. Curva de Tendencia: Vehículos basados en motor de combustión interna.....	308
Figura 277. Curva de Tendencia: Las tecnologías para la mejora de la eficiencia en el suministro de un ICE convencional.....	308
Figura 278. Curva de Tendencia: Recuperación de energía a partir de fuentes de calor de baja temperatura del ICE para producir energía adicional.....	312
Figura 279. Curva de Tendencia: Tratamiento posterior de los gases de escape.....	313
Figura 280. Curva de Tendencia: El uso de combustibles alternativos.....	314
Figura 281. Curva de Tendencia: Los sistemas de gestión del motor.....	315
Figura 282. Curva de Tendencia: Sistemas de control inteligentes.....	316
Figura 283. Curva de Tendencia: Otras tecnologías de transporte por carretera con efecto de mitigación del cambio climático.....	318
Figura 284. Curva de Tendencia: Los vehículos híbridos.....	318
Figura 285. Curva de Tendencia: Los vehículos híbridos.....	319
Figura 286. Curva de Tendencia: Combinando diferentes tipos de almacenamiento de energía..	322
Figura 287. Curva de Tendencia: Estrategias de control de máquinas eléctricas para aplicaciones de automoción.....	323
Figura 288. Curva de Tendencia: Gestión de la energía eléctrica en la electromovilidad.....	324
Figura 289 Curva de Tendencia: Baterías.....	325
Figura 290 Curva de Tendencia: Optimización del rendimiento del vehículo.....	331
Figura 291 Curva de Tendencia: Tecnologías destinadas a reducir las emisiones de gases de invernadero comunes a todas las tecnologías de transporte por carretera.....	333
Figura 292. Máquina de vapor de Herón.....	335
Figura 293. Máquina de vapor de Savery.....	337
Figura 294. Máquina de vapor de Newcomen.....	338
Figura 295. Caldera de newcomen.....	338
Figura 296. Máquina de vapor de Watt.....	339
Figura 297. Máquina de vapor de Evans.....	340
Figura 298. Caldera de Lancashire vista superior (izq.) y frontal (der.).....	341
Figura 299. Caldera acuatubular de Wilcox.....	342
Figura 300. Caldera multi-tambor tipo Stirling.....	343
Figura 301. Horno de tubos.....	343
Figura 302. Caldera Benson.....	344



Figura 303. Primera planta supercrítica .....	345
Figura 304 Línea de tiempo evolución de sistemas de generación de calor (calderas).....	346
Figura 305 Línea de tiempo de uso de calderas en Colombia.....	349
Figura 306 Curva de Tendencia: Métodos de generación de vapor .....	350
Figura 307 Curva de Tendencia: Aprovechamiento de portadores de calor .....	351
Figura 308 Curva de Tendencia: En calderas calentadas eléctricamente .....	352
Figura 309 Curva de Tendencia: Otros métodos de generación de vapor.....	353
Figura 310 Curva de Tendencia: Calderas de Vapor .....	355
Figura 311 Curva de Tendencia: Plantas de generación de vapor .....	356
Figura 312 Curva de Tendencia: Sistemas de control de calderas de vapor.....	357
Figura 313 Línea de tiempo evolución de la iluminación a nivel de internacional .....	361
Figura 314 Línea de tiempo de la transformación tecnológica en iluminación Colombia .....	363
Figura 315 Curvas de tendencia: Tecnología de iluminación.....	364
Figura 316 desarrollo en lámparas de alta presión [UHP] o lámparas de alta intensidad .....	366
Figura 317 Desarrollo en LEDs inorgánicos .....	367
Figura 318 curvas de tendencia: Técnicas de control de ahorro de energía .....	368
Figura 319 Evolución sistemas de refrigeración.....	369
Figura 320. Línea de tiempo de uso de refrigeración en Colombia .....	371
Figura 321. Curva de Tendencia: Dispositivos asociados con máquinas de refrigeración.....	372
Figura 322. Curva de Tendencia: Dispositivos No asociados con máquinas de refrigeración .....	373
Figura 323 Acondicionamiento de Aire en un Recinto.....	374
Figura 324 Evolución tecnológica de los sistemas de acondicionamiento de aire .....	375
Figura 325 Línea de tiempo de uso de sistemas de aire acondicionado en Colombia .....	378
Figura 326 Curva de Tendencia: Sistemas beneficiándose de condiciones externas/internas .....	378
Figura 327 Curva de Tendencia: Sistemas de refrigeración libre.....	379
Figura 328 Curva de Tendencia: Unidades de recuperación de calor.....	380
Figura 329 Curva de Tendencia: Otras tecnologías para la calefacción o refrigeración .....	381
Figura 330 Curva de Tendencia: Control eficiente o regulación de tecnologías.....	382
Figura 331 Curva de Tendencia: Tecnologías basadas en el control del motor.....	383
Figura 332 Curva de Tendencia: Control Centralizado.....	384
Figura 333 Relación influencia/impacto de las diferentes incertidumbres .....	400
Figura 334 Distribución de los escenarios de acuerdo a los ejes de análisis .....	402
Figura 335 Distribución de la flota nacional 2013(arriba) 2030 (centro) y 2050 (abajo).....	437
Figura 336 Variables constituyentes de los modelos de cálculo simplificado empleados en el análisis de demanda de energía para cada sector .....	462
Figura 337 Relaciones causales para el sector Industria.....	467
Figura 338 Estructura para calcular el consumo energético base por sectores. ....	468
Figura 339 Estructura de alcance de metas de eficiencia en iluminación. ....	468
Figura 340. Estructura para calcular el consumo total de Industria por subsector y la participación de cada uso. ....	469
Figura 341. Estructura para calcular el consumo de energía eléctrica en el sector Industria. ....	470
Figura 342. Estructura para calcular el consumo de carbón en el sector Industria.....	470
Figura 343. Estructura para calcular el consumo energético del sector terciario. ....	471

Figura 344. Estructura para calcular el consumo total del sector Terciario por subsector y la participación de cada uso.....	472
Figura 345 Relaciones causales para el sector Transporte .....	473
Figura 346 Relación no-lineal entre el PIB per cápita y la cantidad de viajes por persona. ....	473
Figura 347. Estructura para calcular la cantidad total de viajes por tipo de vehículo. ....	474
Figura 348 Estructura de entrada y salida de automóviles del stock de automóviles del país. ....	475
Figura 349 La entrada de nuevos vehículos al stock del país por tipo de combustible. ....	475
Figura 350 Estructura para calcular la participación de los automóviles a gasolina en el stock de automóviles del país.....	476
Figura 351 Estructura para calcular la cantidad de viajes por cada tipo de automóvil. ....	476
Figura 352. Estructura para calcular el consumo energético de los automóviles del país. ....	477
Figura 353. Estructura para calcular el consumo energético de los buses del país.....	477
Figura 354 Relaciones causales para el Sector Residencial.....	478
Figura 355 Estructura para calcular la población nacional por regiones, urbana y rural .....	478
Figura 356. Estructura de alcance de metas para la luminaria de los hogares rural/urbano del país. .....	479
Figura 357. Relación entre PIB per cápita y el número de puntos de iluminación en los hogares del país. ....	479
Figura 358. Estructura que da cuenta de la entrada y cambio de luminaria en los hogares del país. .....	480
Figura 359. Estructura que consumo de energía eléctrica por iluminación en la zona urbana.....	481
Figura 360. Estructura de alcance de metas para los refrigeradores de los hogares rural/urbano del país. ....	481
Figura 361. Cadena de envejecimiento de los refrigeradores de los hogares del país y su flujo adyacente del consumo energético asociado.....	482
Figura 362. Cadena de envejecimiento con flujo adyacente para calcular el consumo energético de los ventiladores en la ruralidad del país.....	482
Figura 363. Estructura para calcular el consumo energético de los sistemas de ventiladores en la zona urbana del país. ....	483
Figura 364. Estructura de alcance de metas para activar las dinámicas del sector.....	483
Figura 365. Estructura para calcular el consumo del energético 'leña' como un stock adyacente a la cantidad estufas correspondientes.....	484
Figura 366. Estructura para calcular el consumo energético de las estufas de gas del país. ....	485
Figura 367. Estructura para calcular el consumo del energético 'gas' como un stock adyacente a la cantidad estufas correspondientes.....	485
Figura 368. Estructura de alcance de metas que desequilibra el sistema. ....	486
Figura 369. Estructura de Generación de Energía eléctrica con diferentes tecnologías. ....	487
Figura 370. Estructura de expansión del parque de Generación de Energía eléctrica. ....	488
Figura 371. Población simulada Vs. población del modelo UPME.....	489
Figura 372. Hogares simulada Vs. Hogares del modelo UPME .....	489
Figura 373. Hogares Urbanos Vs. Hogares Rurales .....	489
Figura 374. PIB Nacional en Miles de Millones de COP .....	490
Figura 375. PIB para cada subsector de la Industria (Miles de Millones de COP).....	490



Figura 376. Mapa de Ruta para mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor.....	491
Figura 377. Consumo en TJ de los diferentes usos en el sector residencial .....	492
Figura 378. Puntos de iluminación en el sector residencial.....	493
Figura 379. Puntos de iluminación por tecnología en el sector residencial .....	493
Figura 380. Consumo de energía en iluminación en el sector residencial.....	494
Figura 381. Consumo histórico de energía en refrigeración en el sector residencial.....	494
Figura 382. Consumo de energía en refrigeración en el sector residencial.....	495
Figura 383. Refrigeradores con Más de 10 años Vs. Menos de 10 años. Esc Vida Útil 12 años .....	495
Figura 384. Refrigeradores con Más de 10 años Vs. Menos de 10 años. Esc Vida Útil 20 años .....	496
Figura 385. Consumo en Refrigeración. Esc Vida Útil 12 años (1) Vs. Esc Vida Útil 20 años .....	496
Figura 386. Consumo energético en la Industria. Resultados del modelo vs. resultados UPME....	497
Figura 387. Consumo energético de los subsectores en la Industria.....	497
Figura 388. Consumo energético en la industria. Escenario EE en CI 20-20.....	498
Figura 389. Consumo energético en la industria. Escenario EE en FM 20-15.....	498
Figura 390. Consumo energético en la industria. Escenario EE en CI y FM .....	499
Figura 391 Clasificación de empresas industriales, de acuerdo a la innovación 2013-2014 .....	506
Figura 392 Distribución de las innovaciones.....	507
Figura 393 Porcentaje de empresas innovadoras de productos o servicios nuevos .....	507

## 4 Lista de Tablas

Tabla 1 Sectores analizados y su discriminación con relación a las cuentas nacionales reportadas por DANE en matriz-insumo producto .....	27
Tabla 2 Sectores analizados y su discriminación con relación a las cuentas nacionales reportadas por DANE en matriz-insumo producto .....	27
Tabla 3 Consumo final energía países de interés, según IEA .....	53
Tabla 4. Consumo final energía subsectores industria según IEA.....	54
Tabla 5 Principales subsectores oferentes y demandantes .....	55
Tabla 6 Consumo intermedio Alimentos, bebidas, tabaco .....	58
Tabla 7. Consumo intermedio Pulpa, papel e impresión .....	63
Tabla 8. Consumo intermedio Coque, refinación petróleo.....	67
Tabla 9. Consumo intermedio Productos químicos .....	71
Tabla 10. Consumo intermedio Minerales no metálicos .....	75
Tabla 11. Consumo intermedio Metales básicos .....	79
Tabla 12. Participación y uso de energéticos por uso final Industria.....	83
Tabla 13. Consumos desagregados de energéticos en alimentos .....	85
Tabla 14. Consumos desagregados de energéticos en Metalúrgicos básicos .....	89
Tabla 15. Principales hitos para el sector transporte.....	106
Tabla 16 Demanda del sector transporte en millones de dólares año 2011 .....	126
Tabla 17. Oferta para el sector transporte en millones de dólares año 2011 .....	126
Tabla 18. Comparación de las principales demandas del sector transporte .....	127
Tabla 19. Demanda de las fuentes energéticas en el sector transporte en millones de dólares por país para 2011 .....	129
Tabla 20 Distribución del consumo de energéticos para el subsector de transporte de carga en TJ para 2014 .....	133
Tabla 21. Distribución del consumo de energéticos para el subsector de transporte público en TJ para 2014 .....	134
Tabla 22. Los cinco productos en los que más invierte el sector comercio .....	140
Tabla 23. Porcentaje de gasto en energía para el sector comercio con respecto al gasto total. ...	142
Tabla 24. Participación en la demanda de productos del sector comercio para diferentes países (%) .....	144
Tabla 25. Principales actividades en las que gasta el sector comercio para diferentes países .....	145
Tabla 26. Demanda energética por países en millones de dólares.....	147
Tabla 27. PIB sectorial generado por gasto en energía.....	147
Tabla 28. Consumo Energético Sector Comercio .....	150
Tabla 29 Caracterización Energética Sector Comercio por Participación (2013).....	151
Tabla 30. Consumo Energético Por Uso .....	151
Tabla 31 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en iluminación sector comercio .....	152
Tabla 32 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en refrigeración sector comercio .....	152

Tabla 33 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en acondicionamiento de espacios en el sector comercio .....	152
Tabla 34 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en fuerza motriz en el sector comercio.....	152
Tabla 35 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en equipos ofimáticos en el sector comercio.....	152
Tabla 36 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en calor directo en el sector comercio.....	153
Tabla 37. Participación de los diferentes usos en la región centro para el subsector comercio ....	153
Tabla 38. Participación de los diferentes usos en la región costa para el subsector comercio .....	153
Tabla 39. Consumo energético por países del sector servicios.....	175
Tabla 40. Principales sectores oferentes y demandantes del sector servicios .....	176
Tabla 41. Consumo intermedio del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas a los demás subsectores.....	181
Tabla 42. Consumo intermedio del subsector servicios de intermediación financiera a los demás subsectores .....	186
Tabla 43. Demanda del subsector servicios sociales y de salud a los demás subsectores .....	191
Tabla 44. Consumo intermedio del subsector educación a los demás subsectores.....	196
Tabla 45. Participación y uso de energéticos por aplicación final .....	201
Tabla 46 Principales actividades económicas, matriz insumo producto Colombia 2011 .....	227
Tabla 47 Gasto económico en actividades relacionadas con demanda de energía, matriz insumo producto 2011.....	227
Tabla 48 Porcentaje de actividad según participación en el gasto económico total.....	232
Tabla 49 Gasto económico total del sector residencial por país con participación porcentual de actividades relacionadas con energía. ....	236
Tabla 50 Clasificación de energético por código de colores .....	237
Tabla 51 demanda energética BECO 2015, gasto económico matriz insumo producto DANE 2014 y peso porcentual del gasto económico según energético .....	238
Tabla 52 Electrodomésticos empleados para transformar la energía, materia prima, en uso final .....	238
Tabla 53. Los cinco productos en los que más invierte el sector agrícola. ....	243
Tabla 54. Porcentaje de gasto en energía para el sector agrícola con respecto al gasto total.....	244
Tabla 55. Participación de la demanda de productos en el sector agropecuario para diferentes países (%)......	246
Tabla 56. Principales actividades en las que gasta el sector agropecuario para diferentes países	247
Tabla 57. Demanda energética del sector por países en millones de dólares.....	250
Tabla 58. PIB sectorial generado por gasto en energía.....	250
Tabla 59. Consumo Energético Sector Agropecuario (2014) .....	253
Tabla 60. Los cinco productos en los que más invierte el sector construcción .....	256
Tabla 61. Porcentaje de gasto en energía para el sector construcción con respecto al gasto total. ....	258
Tabla 62. Participación de la demanda de productos en el sector construcción para diferentes países (%)......	260

Tabla 63. Principales actividades en las que gasta el sector construcción para diferentes países.	261
Tabla 64. Demanda energética por países en millones de dólares.....	264
Tabla 65. PIB sectorial generado por gasto en energía.....	264
Tabla 66. Consumo Energético Sector Construcción (2014).....	267
Tabla 67. Principales hitos para el sector de generación de energía.....	274
Tabla 68. Centrales hidroeléctricas en Colombia.....	275
Tabla 69. Centrales termoeléctricas en Colombia .....	276
Tabla 70. Participación de las fuentes energéticas para la generación de energía en 2013 para México.....	287
Tabla 71. Demanda del sector generación de energía en millones de dólares año 2011 .....	293
Tabla 72. Oferta del sector generación de energía en millones de dólares año 2011 .....	294
Tabla 73. Comparación de la principal demanda del sector de generación de energía .....	294
Tabla 74. Evolución de la máquina de vapor .....	335
Tabla 75. Comparación entre calderas pirotubulares y acuotubulares .....	345
Tabla 76 Análisis de influencia/impacto para las diferentes incertidumbres.....	399
Tabla 77 Aspectos considerados en el eje diferencial de costos de tecnología para casos positivo y negativo.....	400
Tabla 78 Aspectos considerados en el eje diferencial de políticas de promoción al cambio tecnológico.....	401
Tabla 79 Resultados tasas de crecimiento y chatarrización Escenario ++ .....	436
Tabla 80 Distribución de energéticos por categoría 2030 .....	438
Tabla 81 Distribución de energéticos por categoría para 2050 .....	438
Tabla 82 Eficiencias tecnológicas como consumo.....	439
Tabla 83 Consumo de energía línea base.....	439
Tabla 84 Resultados de consumo de energía para escenario Turing para 2030 y 2050.....	439
Tabla 85 Variables cuantitativas resultado del taller de escenarios.....	446
Tabla 86 Modelos que representan el sistema energético del Reino Unido .....	463
Tabla 87 Comparación información existente entre encuestas de Innovación CIS, BRDIS y EDIT .	508

## 5 Objetivos

---

### 5.1 Objetivos generales

- Establecer la forma en la cual se han producido los cambios tecnológicos y consumos energéticos en los principales procesos de cada uno de los sectores industria, transporte, residencial, comercial, agropecuario, construcción, servicios y generación de energía eléctrica.
- Adelantar un ejercicio de prospectiva relacionado con el cambio tecnológico y consumo energético en los próximos 35 años.
- Entender los principales elementos de política y planificación energética en el mediano y largo plazo.

### 5.2 Objetivos específicos

- Establecer los principales sectores y subsectores con base en la intensidad energética y el impacto en el consumo nacional de energía
- Crear una línea de tiempo con las tendencias en investigación, desarrollo, innovación, producción, comercialización y otras que se consideren pertinentes, de las tecnologías y energéticos relacionados con las principales aplicaciones energéticas.
- Identificar una línea de tiempo con la evolución tecnológica de los principales sectores de la economía nacional.
- Evaluar posibles evoluciones de la transformación tecnológico y el uso energético hasta el año 2050 mediante herramientas de modelado, simulación, y escenarios junto con el apoyo de expertos nacionales e internacionales
- Realizar recomendaciones sobre las mejoras, cambio o adaptaciones que deben ser introducidas para fomentar el uso de las nuevas tecnologías en los sectores de industria, transporte, comercio, servicios y residencial.

## 6 Metodología

---

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo mediante la ejecución de actividades agrupadas en diferentes fases. Para la primera parte del proyecto, el grupo de trabajo se encargó de la revisión de los diferentes consumos de energía reportados en las fuentes de información de la Agencia Internacional de Energía (IEA), los resultados de la UPME del estudio Bariloche 1985-2005 (Bariloche) y el nuevo balance energético colombiano desarrollado por los integrantes del grupo de la subdirección de demanda (BECO) desde el 2006 al 2015. Posterior al análisis de la información a nivel nacional, se llevó a cabo la identificación del comportamiento del consumo de energía en los diferentes sectores de la economía clasificados de la siguiente manera:

1. Sector Residencial
2. Sector Industria
3. Sector Transporte
4. Sector Terciario-Comercio
5. Sector Terciario-Servicios
6. Sector Agropecuario
7. Sector Construcción
8. Generación de energía eléctrica

Para cada uno de estos sectores se compiló la información relacionada con el consumo energético durante los últimos 30 años, se diferenció de acuerdo al recurso energético empleado (ej. Carbón, gas natural, derivados del petróleo, etc), y se identificaron tendencias y puntos críticos en los cuales las diferencias entre los datos presentados por cada uno de las fuentes de información fueron relevantes.

De forma paralela se recopilaron las diferentes matrices insumo-producto reportadas por el DANE entre 2000 y 2015. Empleando esta información se realizó el análisis de la variación en el dinero gastado entre los diferentes sectores con los proveedores de los recursos energéticos, energía eléctrica, gas domiciliario, derivados del petróleo, entre otros. Inicialmente se llevó a cabo la distribución de los recursos energéticos y de los sectores teniendo en cuenta los siguientes códigos de la matriz insumo-producto (Tabla 1). De esta manera se describió el proceso de selección de usos energéticos en los sectores de industria, transporte, terciario (servicios y comercio) y residencial definidos en el convenio, junto con los de Agropecuario, Construcción y generación de energía eléctrica como valor agregado por parte del grupo de trabajo al presente trabajo.

Tabla 1 Sectores analizados y su discriminación con relación a las cuentas nacionales reportadas por DANE en matriz-insumo producto

Energéticos	6	Carbón Mineral
	7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de Uranio y Torio
	24	Productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables
	27	Productos de la refinación del petróleo, combustible nuclear
	37	Desperdicios y desechos
	38	Energía eléctrica
	39	Gas Domiciliario
Residencial		Total consumo hogar
Transporte	46	Servicios de transporte terrestre
	47	Servicios de transporte por vía acuática
	48	Servicios de transporte por vía aérea
Comercio	43	Comercio
Construcción	41	Trabajos de construcción, construcción y reparación de edificaciones, y servicios de arrendamiento de equipo con operario
	42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario
Agropecuario	1	Productos de café
	2	Otros productos agrícolas
	3	Animales vivos, productos animales y productos de la caza
	4	Productos de silvicultura, extracción de madera y actividades conexas
	5	Productos de la pesca, la acuicultura y servicios relacionados

Fuente: Elaboración propia tomada de Matriz Insumo-Producto DANE

Tabla 2 Sectores analizados y su discriminación con relación a las cuentas nacionales reportadas por DANE en matriz-insumo producto

Industria		
Alimentos, Bebidas y Tabaco	10	Carnes y pescados
	11	Aceites y grasas animales y vegetales
	12	Productos lácteos
	13	Productos de molinería, almidones y sus productos
	14	Productos de café y trilla
	15	Azúcar y panela
	16	Cacao, chocolates y productos de confitería
	17	Productos alimenticios n.c.p
	18	Bebidas
	19	Productos de tabaco
Papel e Imprenta	25	Productos de papel, cartón y sus productos
	26	Edición, impresión y artículos análogos
Metálicos	31	Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo)
No metálicos	30	Productos minerales no metálicos
Químicos	28	Sustancias y productos químicos
Refinería	27	Productos de la refinación del petróleo, combustible nuclear
Potencia	38	Energía eléctrica

Fuente: Elaboración propia tomada de Matriz Insumo-Producto DANE

Posteriormente se procedió a realizar una comparación con las matrices insumo-producto de países tales como Alemania, Irlanda, España, Corea del Sur, Israel, Singapur, Chile, México, y Reino Unido obteniendo parámetros de análisis en cuanto al comportamiento de los sectores en diferentes ámbitos culturales y económicos. Estos análisis permitieron identificar el desempeño de cada sector en los distintos países, así como vislumbrar posibles modificaciones necesarias en los sectores colombianos con el ánimo de buscar desarrollos similares a los otros países.

Partiendo de los análisis de insumo-producto se establecieron interrelaciones existentes entre los diferentes sectores y actividades económicas a nivel nacional. Con estas interrelaciones y aplicando la metodología de cadena de valor de Porter se identificaron las actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica para los sectores objeto de estudio. En casos como el sector Industria, Transporte, Terciario-Servicios y Terciario-Comercio, estas interrelaciones pueden ser diferentes por lo cual establecer una cadena de valor sectorial se hicieron un poco más complicado. Para solucionar esto, se analizaron diferentes tipos de actividades que se desarrollan en cada uno de los sectores, estableciendo diversas cadenas de valor específicas que luego fueron comparadas y analizadas para así poder armar una cadena de valor general del sector. Los datos tomados del

Balance Energético Colombiano y de la Matriz Insumo-Producto del DANE fueron empleados como suministro para conocer la distribución porcentual de ingresos y egresos relacionados con transacciones de energéticos y los consumos de cada uno de los mismos en cada sector. Así mismo, estas cadenas de valor prestaron especial interés al uso que se le da a estos energéticos con base en los diferentes usos finales identificados en este proyecto (fuerza motriz, calentamiento, acondicionamiento de aire, refrigeración, iluminación, e informática y otros).

Simultáneamente, el equipo de trabajo junto con el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET) llevó a cabo un análisis de vigilancia tecnológica para las tecnologías actualmente empleadas en generación de energía eléctrica y aprovechamiento de energía en las aplicaciones finales mencionadas con anterioridad. Para esta etapa del proyecto, se contrataron los servicios de CIDET quienes presentaron un informe del cambio en el número de publicaciones y patentes existentes asociadas a las diversas aplicaciones durante los últimos 50 años. Esto permitió establecer cuáles de estas tecnologías se encuentran en fase de difusión inicial, crecimiento inicial, crecimiento tardío y madurez tecnológica. Por otro lado, asociado a esta misma actividad, se revisaron algunos sitios de prospectiva que presentaron una recopilación de información relacionada con costos nivelados de energía y su variación en los siguientes años. Se analizaron las curvas de variación de costos de diversas tecnologías a base de fuentes fósiles y renovables en un periodo comprendido entre el 2015 y 2050. Con esta información se identificaron los actores, hitos y resultados relacionados con las actividades de tendencias tecnológicas para cada uno de los sectores de estudio.

De igual manera, se realizó una recopilación de información relacionada con la evolución de las diferentes tecnologías relacionadas con los usos finales de energía (acondicionamiento de aire, refrigeración, generación de calor, iluminarias y fuerza motriz). Con base en esto se establecieron las líneas de tiempo con las tendencias en investigación, desarrollo, innovación, producción y comercialización de las tecnologías empleadas en los usos finales. Estas se complementaron con base en diferentes entrevistas que se llevaron a cabo con expertos nacionales quienes cuentan con experiencia en cada uno de los usos finales de energía y pueden dar información relacionada a la evolución de la tecnología en el contexto nacional.

Con base en las cadenas de valor establecidas, las curvas de costos, los resultados de vigilancia tecnológica, y las matrices insumo-producto se identificó el comportamiento de los sectores de la economía y el efecto que puede llegar a tener el cambio tecnológico en la demanda de energía durante los siguientes años. Sin embargo, hacer el análisis de prospectiva tecnológica tiene un alto grado de incertidumbre puesto que aspectos políticos, económicos, ambientales y de mercado pueden afectar la velocidad con que se lleven a cabo los cambios en cada uno de los sectores. Por esto, el equipo de trabajo UJTL junto con los diferentes integrantes de la subdirección de Demanda de la UPME realizaron un análisis y taller de escenarios generales. Para esto fue necesario identificar cuáles eran dos de los ejes más influyentes en los diferentes escenarios que puede vivir el país en los próximos años. Los ejes definidos como fundamentales, fueron costos de tecnologías y políticas favorables al cambio tecnológico. Con esto se establecieron cuatro escenarios que fueron analizados en taller realizado en Octubre del presente año, donde se contó con la participación de expertos internacionales y nacionales que trabajan en cada uno de los sectores objeto de estudio. Adicional



a este taller, se diseñaron unas herramientas de cálculo simplificadas que permitieran establecer de forma rápida los cambios en la demanda de energía en cada uno de los sectores relacionados a través de este proyecto con variaciones en los costos y políticas públicas.

A parte de los expertos nacionales participantes del taller se llevaron a cabo reuniones con expertos de Ecopetrol, Terpel y Empresas Públicas de Medellín (EPM) siguiendo la metodología Delphi para analizar cómo se han dado los cambios de tecnología en cada uno de los sectores y cuál es la expectativa de cambio de acuerdo a la experiencia en cada una de estas empresas. La Figura 1 resume las diferentes actividades realizadas en el marco del presente convenio.

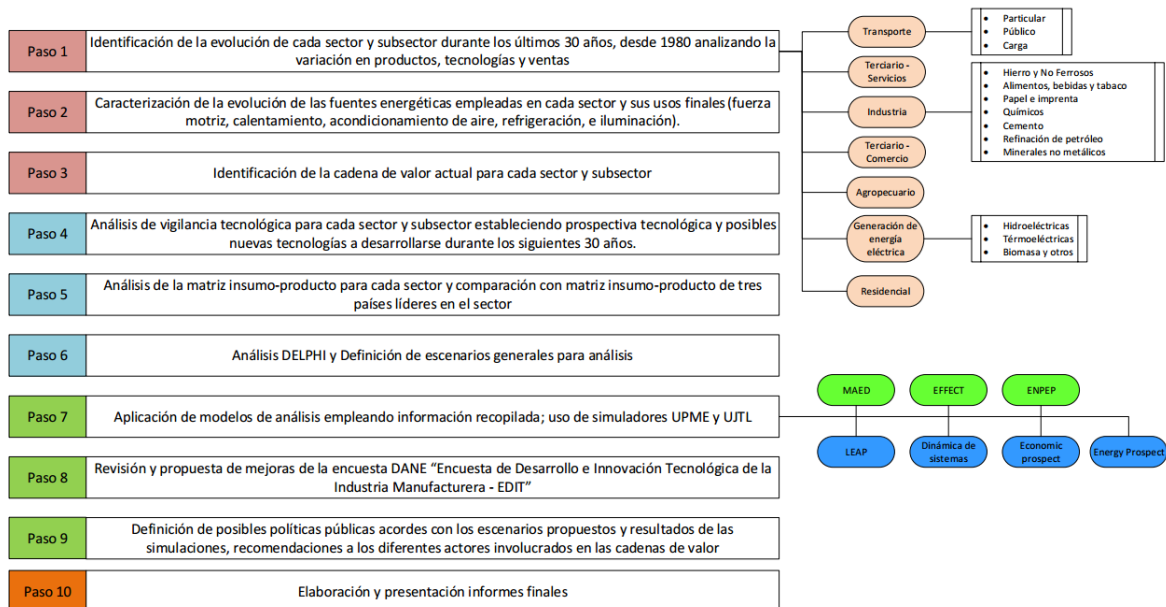


Figura 1 Estructura general del proyecto de investigación indicando cada una de las etapas descritas en el documento

Fuente: Elaboración propia

El grupo de trabajo está conformado por profesionales de diferentes áreas conocedores de cada una de las tecnologías y de sistemas energéticos, liderados por el Ph.D. Isaac Dyner, decano de la facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. (Figura 2)

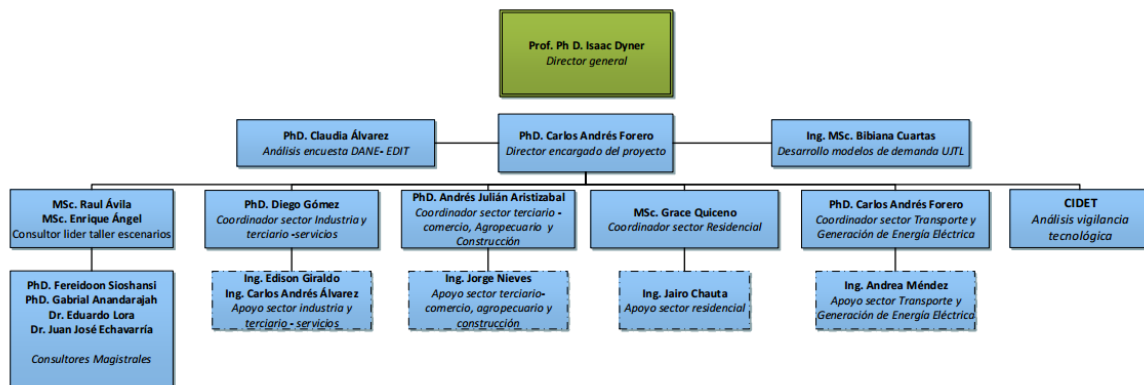


Figura 2 Organigrama del equipo de trabajo  
Fuente: Elaboración propia

El resumen general de la metodología incluida en la primera fase se encuentra descrita en Figura 3. Esta incluye actividades de análisis de matrices insumo-producto, identificación de la evaluación de cambio tecnológico e identificación de hitos que afectaron el comportamiento de cada uno de los sectores objeto de estudio.

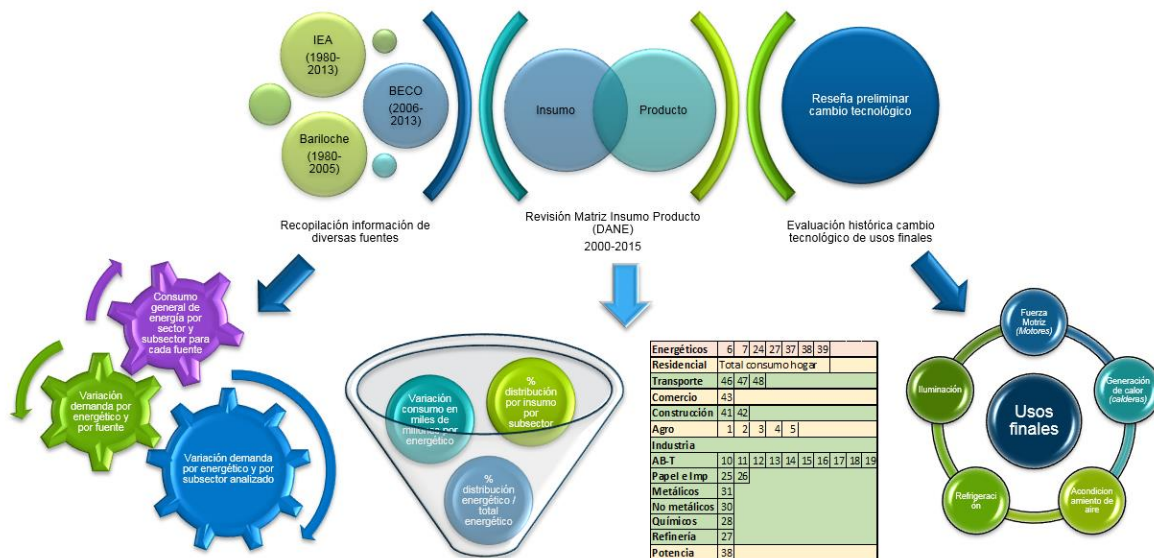


Figura 3 Resumen general de la metodología empleada en esta primera fase del proyecto  
Fuente: Elaboración propia

El resumen general de la metodología incluida para la identificación de la cadena de valor se presenta a continuación (Figura 4). De igual manera los diferentes aspectos considerados en la elaboración de los escenarios se incluyen en la Figura 5 donde se tuvieron en cuenta los resultados de vigilancia tecnológica, cambio de políticas nacionales, y variación de los costos de las tecnologías.

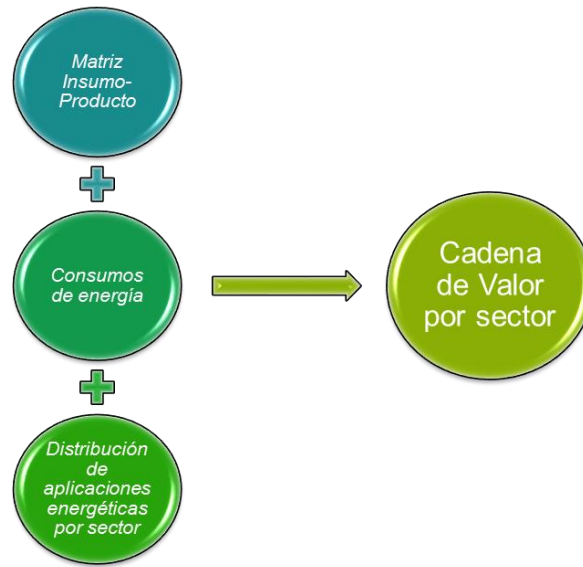


Figura 4 Resumen general elementos considerados para realización de las cadenas de valor  
Fuente: Elaboración propia



Figura 5 Resumen general elementos considerados para realización análisis de escenarios  
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el análisis Delphi con el objetivo de enriquecer la información en el sector transporte, industria, residencial, transporte y terciario, se procedió a profundizar en los modelos de investigación conjuntos que generaran valor agregado al potencial de análisis del impacto de las

mapas de ruta. Para esto se diseñaron herramientas en Matlab, Excel y Dinámica de sistemas para los diferentes sectores y usos finales. Estos modelos tuvieron en cuenta aspectos de variación del Producto Interno Bruto (PIB), eficiencia energética de las tecnologías, cambio de tecnología de transformación, entre otras. Con esto se modelaron y simularon posibles escenarios de la transformación tecnológica hasta el año 2050.

Finalmente, la última fase del proyecto incluyó la revisión y propuesta de mejoras de la encuesta del DANE “Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Industria Manufacturera –EDIT” comparada con encuesta a nivel internacionales como la Encuesta de Innovación de la Comunidad Europea y la encuesta de I+D e Innovación Empresarial (BRIDIS). Posterior a esto se plantearon algunas recomendaciones sobre actividades que deben ser introducidas, promovidas o incentivadas por los distintos actores involucrados en la cadena de valor tecnológico en cada uno de los sectores objeto de estudio.

## 7 Análisis de consumo energético, matriz insumo producto y cadena de valor en los sectores de la economía nacional

### 7.1 Sector Industria

#### 7.1.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector industria y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

El sector secundario o industrial en Colombia se divide a su vez en varios subsectores, entre los que se encuentran:

- Alimentos, Bebidas y Tabaco
- Papel e Imprenta
- Químicos y Petroquímicos
- Metales Ferrosos y no Ferrosos
- Minerales no metálicos

Analizar los consumos energéticos de este sector suscita un desafío aludiendo a lo complejo de cada uno de los subsectores y las restricciones de información que se presentan. A continuación se muestran los consumos energéticos para el sector Industria con base en los datos tabulados de la IEA, el balance energético colombiano desarrollado por la fundación Bariloche y el balance energético colombiano desarrollado por la unidad de planeación minero energético.

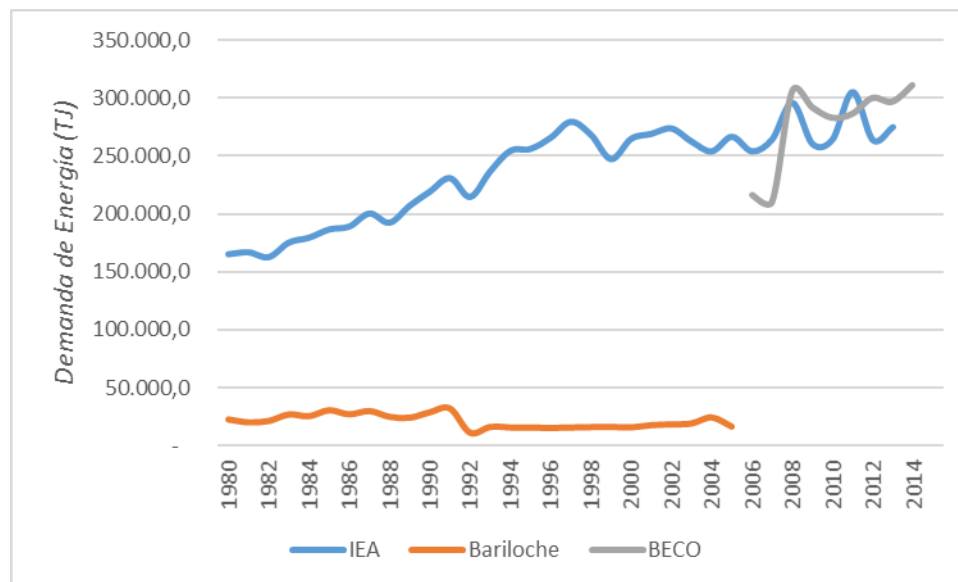


Figura 6 Variación de la demanda de energía sector Industria  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

En la Figura 6 se puede observar que para los últimos años se consumen cerca de 300.000 TJ en el sector industria, según los datos registrados por BECO y por la IEA. Desde el año 2005 hacia atrás se supone un subregistro de datos en el reporte realizado por la Fundación Bariloche, derivado del cambio en lo registrado para el año 2005 por esta entidad y lo reportado por el BECO para el año 2006.

El subregistro que suponemos en los datos reportados por la Fundación Bariloche, es soportado en que los niveles de consumo que reportan entre 1980 y 2005 muestran una diferencia significativa con los consumos reportados por la IEA y con aquellos recopilados por el BECO a partir de 2005. Comparando las curvas de consumo que presentan la IEA y BECO, se infiere una similitud entre los datos registrados, exceptuando los puntos iniciales y finales, ya que la información reportada muestra un nivel de consumo energético para el año 2006 cercano a los 400000 TJ<sup>1</sup>, cayendo por debajo de los 210000 TJ. Luego de este periodo, según BECO, el consumo se sitúa con valores cercanos a los 300000 TJ, con una caída paulatina que se da desde 2008 hasta 2010, punto en el que comienza una tendencia creciente.

En lo que respecta a la Figura 7, para el año 1980 se observa una tendencia plana con una pequeña caída para el año 1982; año a partir del cual comienza una tendencia creciente que se ve interrumpida por otra caída en el año 1987, punto en el que experimenta otro periodo de crecimiento. Esta dinámica de acompasar los ciclos económicos se repite en 1991 y 1997, periodo que da paso a una etapa de crecimiento marginal con solo dos picos en el horizonte que superan consumos de 300000 TJ (picos en 2008 y 2011). Se registran datos hasta el año 2013, año que experimenta un crecimiento respecto a 2012.

En la década de los años ochenta, cuando se comenzaron a explotar los yacimientos de hidrocarburos de Caño Limón en Arauca y de carbón en el Cerrejón, la minería creció en promedio el 17 %, mientras que la industria y los servicios lo hicieron a tasas del 3,2 % y del 2,9 % respectivamente. [1]

La Industria en Colombia ha enfrentado importantes cambios de entorno que la han llevado a sufrir transformaciones y realizar cambios estructurales. En la Figura 7 se representan los hitos claves en el proceso de evolución del consumo energético de la industria:

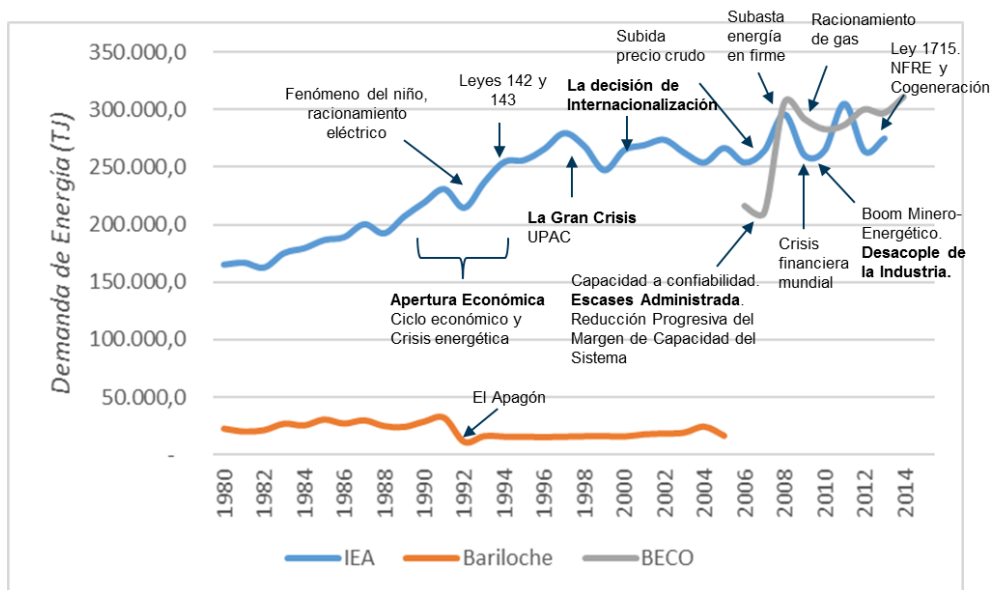


Figura 7 Hitos en la evolución del consumo energético industrial  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

<sup>1</sup> Dato ajustado en la figura por posibles inconsistencias

Para el análisis de información histórica, destacamos tres periodos: el de expansión posterior al racionamiento y derivado de la expansión económica de la primera fase de la apertura. El segundo, es el de recuperación lenta posterior a la Gran Crisis y que termina en la Crisis Financiera Mundial. El tercer periodo es El Desacople Industrial que va de 2008 a 2014.

El primer periodo (inicios de los 90) se caracteriza por una rápida expansión de la economía liderada por el sector de la construcción que jalona múltiples sectores industriales.

En la Figura 7 se señalan tres hitos determinantes que marcaron el inicio de subsiguientes periodos en los que se pueden identificar etapas de comportamiento definidos: El primer hito fue la apertura económica que se da luego de una etapa de crisis y ciclo de baja inversión. Las finanzas públicas estaban afectadas por el exceso de endeudamiento en el sector eléctrico y en ese marco se da el Apagón, ocasionado por el retardo en el ingreso de proyectos claves como El Guavio. En este ambiente se consolidan una cadena de reformas como la nueva constitución, la reforma al sector eléctrico, los servicios públicos, los puertos, el manejo de los combustibles, la inversión extranjera, y la liberación de importaciones.

Otro hito en el periodo fue el fenómeno del niño de 1992, que llevó a un racionamiento decretado entre marzo de 1992 y febrero de 1993, con intensidades diarias mayores a cuatro horas. Esta situación provocó sequías que afectaron en gran medida la generación de energía de las hidroeléctricas, quienes son responsables de la mayor contribución a la matriz de generación colombiana. Esto llevó a que las empresas hicieran racionamiento voluntario, a que hubiera demanda no atendida, a falta de suministro de energía, y diferentes impactos económicos y sociales. [2]

Los inicios de la década de 1990 coinciden también con profundas reestructuraciones que afectaron el comportamiento de la industria, entre las que se encuentran el periodo de apertura económica entre 1990 y 1994 con la iniciativa de abrir las puertas al comercio internacional, por medio de diferentes reformas arancelarias, posibilidades para inversionistas nacionales y extranjeros, modificaciones en tasas e impuestos, entre otras medidas, que llevaron progresivamente a la modernización de diferentes sectores industriales del país.

Asimismo, una profunda crisis en la sostenibilidad financiera del sector energético dio paso a las leyes 142 y 143 de 1994, donde se establece la competencia de la nación para asegurar actividades de generación e interconexión a las redes nacionales de energía eléctrica, y el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, respectivamente.

A partir de 1993 hubo un aumento en el consumo energético que fue interrumpido entre 1997-1998 cuando el país experimentó una de las mayores crisis financieras de las últimas décadas, donde se declaró emergencia económica y se presentaron impactos significativos en el consumo de los hogares y las empresas. [3]. El momento más crítico de la relación entre el crecimiento industrial y el crecimiento de la economía ocurrió en este periodo, cuando la crisis hipotecaria se tradujo en una crisis financiera y a su vez en una crisis industrial. En estos años, la economía apenas creció un 2,5 % y la industria lo hizo al 1,2 % [1].

La Gran Crisis del 1998 al 2001 marca el fin de la primera etapa. La Segunda Etapa es la de Internacionalización de la Economía. Empresas de todos los sectores, expanden sus mercados y



operaciones a múltiples países americanos y del mundo. El efecto de referencia impacta la discusión sobre el costo de los energéticos y la eficiencia del estado y la regulación.

Para el año 2000, la empresa ISA emprendió una iniciativa de internacionalización por medio de una estrategia que los llevó a adelantar diferentes medidas, entre las que estuvo la colocación masiva de acciones con un programa denominado “ISA, acciones para todos” que involucró a 93.000 colombianos como dueños de la compañía. Uno de los primeros frutos de dicha estrategia fue ganar una concesión para transporte de energía en Perú -que empezó a funcionar en 2001- y la ampliación de la escala e importancia de la empresa en la región. [4]

Por otra parte, en 2006 empezó a operar el cargo por confiabilidad, que intenta asegurar el suministro de energía en condiciones críticas de abastecimiento hídrico. Uno de los componentes esenciales de este esquema es la existencia de las Obligaciones de Energía Firme (OEF), que corresponden a un compromiso de los generadores para producir energía durante condiciones de baja hidrología. Estos OEF son subastados (la primera realizada en 2008) para cubrir la demanda nacional. [5] El fin de esta etapa la marca la recesión mundial del 2008 que estuvo seguida de un fortalecimiento de la demanda de bienes primarios jalonada por la expansión acelerada de la economía China: Fue el Boom de los *commodities* y los minero-energéticos.

La dinámica del año 2008 fue particularmente compleja, dado que se combinaron factores tales como la crisis mundial -del cual el sector más afectado fue el de industria- y un pico en el precio internacional del crudo -unos de los más grandes de la historia reciente-. En principio, el boom minero energético asociado a los mayores precios favoreció las exportaciones nacionales, estimulando la actividad económica; no obstante, lo anterior fue un hecho coyuntural, ya que los altos precios se reflejaron también en el nivel de demanda del sector industrial para el periodo, que experimentó una caída del 12 % entre 2008 y 2009.

La expansión de los ingresos por Minero energéticos produjo un persistente proceso de revaluación de la moneda que condujo a una expansión de las compras importadas que desplazaron progresivamente los suministros industriales nacionales. Este fenómeno lo llamamos el “Desacople Industrial” y es la tercera etapa que estudiamos en este análisis del comportamiento industrial desde 1990; en la Figura 8 se observa el fenómeno.

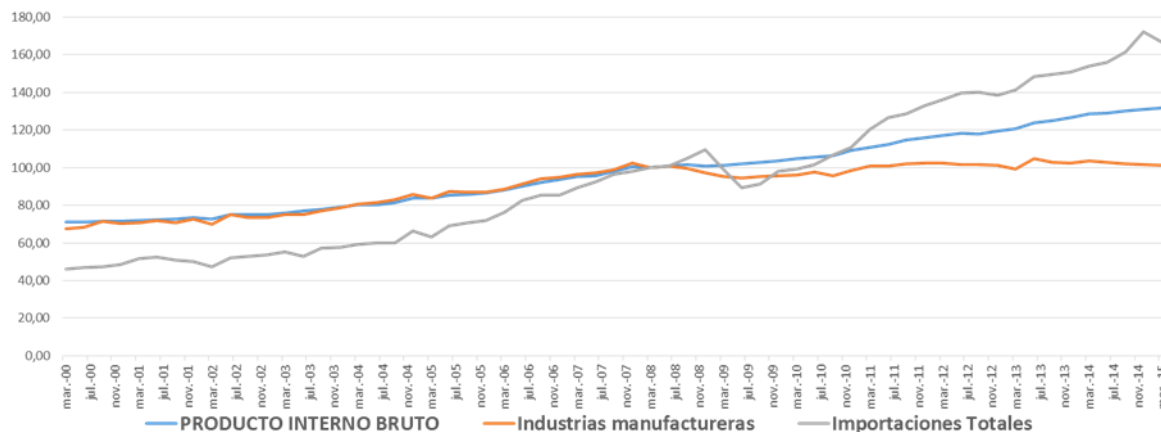


Figura 8 Desacople de la dinámica de expansión industrial  
Fuente: [6]



El Desacople implicó un desplazamiento de 60 billones de pesos en demanda a la industria que generó un proceso de desindustrialización: La falta de competitividad del sector industrial y la tensión que generó la entrada en vigencia de los TLC con Estados Unidos y con Europa. Los daños causados por la Enfermedad Holandesa<sup>2</sup> y el atraso en materia de infraestructura generaron una desaceleración en el PIB-potencial, probablemente bajando del 4,5 % al 4 % en el quinquenio de 2010-2015. [7]

A partir de 2008 las exportaciones industriales reducen su participación debido al auge de los precios de materias primas y al cierre del mercado venezolano en el segundo semestre de 2009 mediante medidas como el traslado de productos a las listas de la Comisión de Administración de Divisas (CADIVI). Como resultado de estos hechos, las exportaciones industriales cayeron considerablemente en 2009. [1]

Existe una relación estable de largo plazo entre la desindustrialización relativa en función de las exportaciones minero-energéticas y la tasa de cambio real. Es decir, en el largo plazo la caída de la participación industrial en la economía estuvo relacionada con los períodos de auge minero-energético. En particular, se encontró que un aumento de 1 punto porcentual en la participación relativa de las exportaciones mineras implicaría una caída de 0.4 puntos porcentuales en la relación Valor Agregado Industrial/ PIB en el largo plazo como se muestra en la Figura 9. En el caso de la tasa de cambio, se estableció que una apreciación del 1 % en el Índice de la Tasa de Cambio Real -ITCR conllevaría una baja de 0,12 puntos porcentuales en la relación Valor Agregado Industrial/PIB. [7]

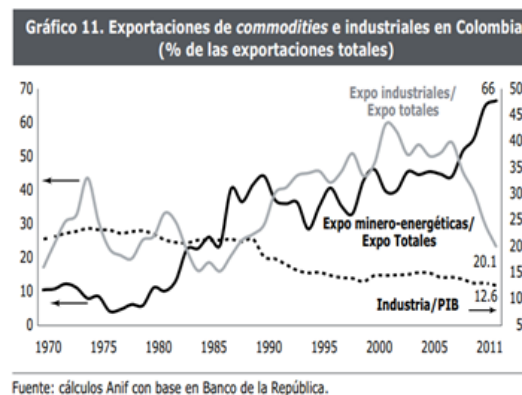
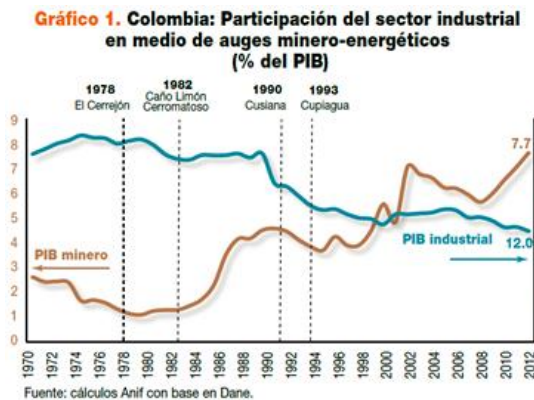


Figura 9 Auges minero-energéticos en industria vs. Exportaciones de commodities en Colombia  
Fuente: [8]

Otro hito para el año 2008 fue la implantación de un racionamiento programado de gas natural, establecido en la resolución 18 2278 de 2008, en donde se manifiesta, entre otras consideraciones, que la empresa *British Petroleum Company* realizaría un mantenimiento inaplazable a su planta de gas, disminuyendo la disponibilidad de dicho energético y afectando el costo de generación de las centrales térmicas.

Más recientemente, se promulgó en 2014 la ley 1715 donde se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, y donde se da vía libre a la venta de

<sup>2</sup> Enfermedad Holandesa (EH), donde la abundancia de divisas de dichas exportaciones de *commodities* trae aparejada una apreciación cambiaria real y persistente que tiende a comprimir el valor de las exportaciones de los productos industriales y agroindustriales

excedentes de autogeneración de energía (con la venta de créditos de energía). Se esperaría que una vez la reglamentación sea asimilada por todos los agentes, esta ley impacte los niveles de consumo y la composición de los diferentes energéticos.

Considerando la importancia del sector industrial, vale la pena hacer énfasis en el consumo por energéticos, el cual muestra diversos comportamientos, siendo muy importantes el carbón, gas natural y gas licuado, como se puede observar en la Figura 10:

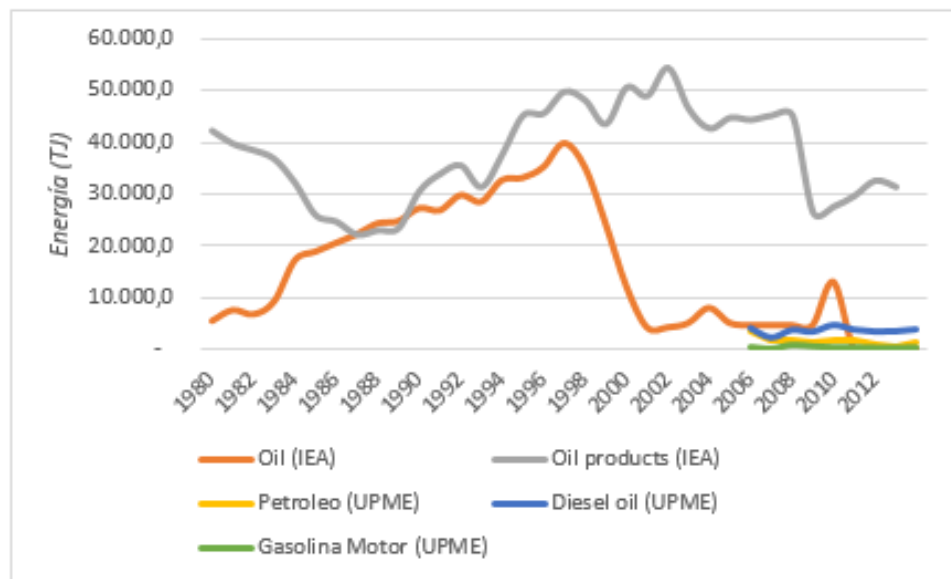


Figura 10 Variación del consumo de derivados del petróleo y gasolina motor  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

El consumo de petróleo, y productos derivados de él, son los principales energéticos usados en sector Industrial según la IEA; la Fundación Bariloche no reporta datos para estos energéticos, siendo la BECO quien a partir de 2006 registra datos. Los datos de la IEA muestran un crecimiento en el consumo de petróleo hasta el año 1997, en el cual sufre una caída hasta el año 2001 que le significa al sector un decremento cercano al 92 % en el consumo de este energético. Por el contrario, el consumo de los productos derivados del petróleo comienza con una curva decreciente, que cambia su tendencia en 1989, la cual se muestra tendencialmente creciente hasta el año 2002, punto a partir del cual comienza a tener varias caídas.

El registro de datos de la BECO muestra los consumos por tres energéticos de esta rama: petróleo, diésel oil, y gasolina motor, siendo más representativo el diésel oil, seguido por el petróleo y finalmente gasolina motor.

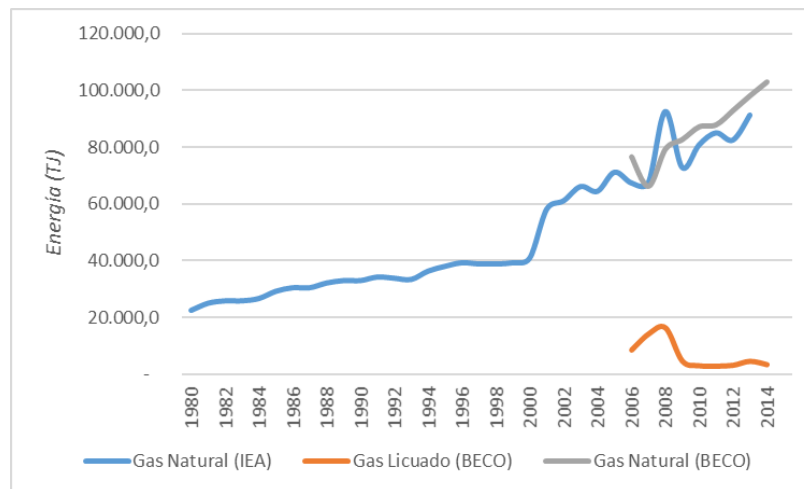


Figura 11 Variación del consumo de gas natural y gas licuado en el sector industrial  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA y BECO

El gas natural es uno de los energéticos más demandados en este sector, alcanzando un consumo cercano a los 80000 TJ en el año 2013 según la IEA como se presenta en la Figura 11. El consumo de este energético tiene una tendencia creciente según ambas fuentes, estando por encima la registrada por la UPME-BECO en comparación con la IEA. Respecto al gas licuado reportado por la UPME-BECO muestra un pico en 2008 con una caída para 2009 punto a partir del cual exhibe una tendencia plana que se sostiene en el tiempo.

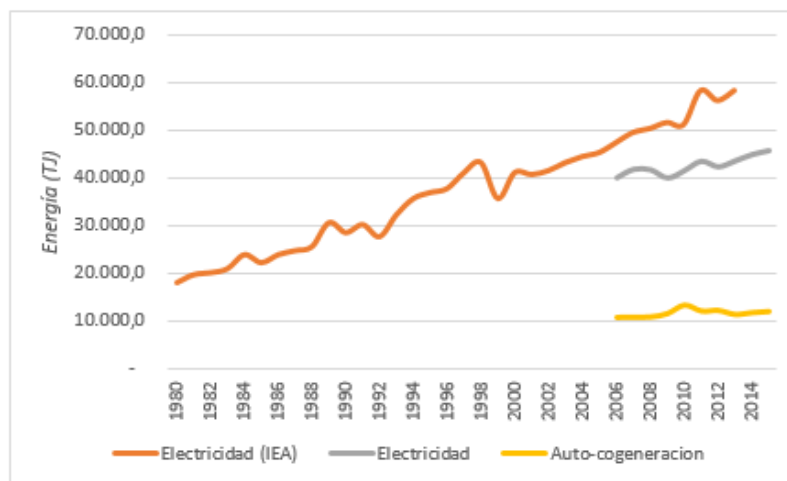


Figura 12 Variación del consumo de electricidad y auto-cogeneración en el sector industrial  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA y BECO

En la Figura 12 se observa una tendencia creciente en el consumo de energía eléctrica para el sector industrial, con base en la información suministrada por la IEA, mostrando algunos picos en el periodo analizado. Uno de los picos se muestra para el año 1998, donde se alcanza un consumo superior a los 42000 TJ, cayendo al año siguiente hasta los 35000 TJ, punto a partir del cual tiene un crecimiento sostenido hasta 2011. La fundación Bariloche no registra información de estos energéticos, mientras que BECO incluye un subregistro en los consumos de electricidad, que puede ser complementado por la auto-cogeneración. En el comportamiento de consumo de electricidad, la información suministrada por BECO también muestra una tendencia creciente con un consumo

cercano a los 48000 TJ para el año 2015, mientras que la auto-cogeneración tiene una tendencia más plana, la cual alcanza un consumo cercano a los 11000 TJ para el año 2015. La cogeneración muestra un pequeño pico para el año 2010, punto en el que alcanza un consumo superior a los 13000 TJ.

Al observar el consumo de energéticos del carbón presentado en la Figura 13, se aprecian oscilaciones durante todo el periodo de observación, tal como lo reporta la IEA. Este energético presenta su mayor consumo entre los años 1993 y 2002, destacando un pico de consumo en 2011 donde se demandan cerca de 120000 TJ. Los datos registrados por BECO muestran consumos diferentes respecto a los reportados por la IEA, teniendo en cuenta que en 2008 y 2009 son superiores, igualándose para el 2010 pero disminuyendo respecto al año 2011. Hay una situación particular en los datos registrados, ya que el dato para 2006 muestra un consumo que supera los 180000 TJ, cayendo en 2007 a menos de 60000 TJ. Cuando se revisan los requerimientos de coque se puede observar que su participación es pequeña, comparada con los consumos de carbón mineral reportados por la UPME-BECO (9,8 %), pero con un consumo creciente, alcanzando a 2014 un valor cercano a los 20.000 TJ.

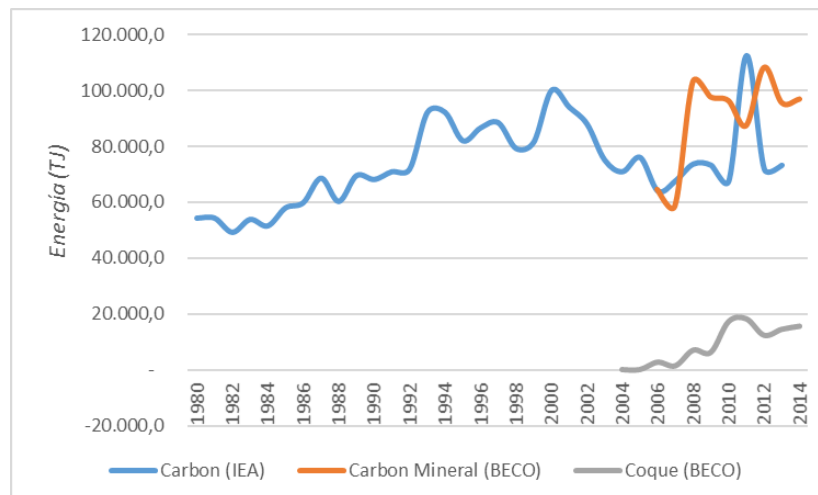


Figura 13 Consumo de carbón mineral y afines en el sector industria  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA y BECO

El consumo de biocombustibles para este sector presentado en la Figura 14 tiene oscilaciones entre 1980 y 1991, año en el que experimenta un pico, dando paso a una caída para 1992. Después de este año los biocombustibles muestran un crecimiento paulatino hasta 2009 según la IEA, a partir del cual se genera una caída, pasando de casi 40000 TJ en 2009 a menos de 30000 TJ para 2013. Los datos reportados por la IEA y por la fundación Bariloche muestran una correspondencia, a pesar de que se observa un subregistro por parte de la fundación. La información registrada por la UPME-BECO es discriminada en residuos y bagazo, ambas con un pico pronunciado en 2006 siendo más alto para los residuos, con un consumo superior a los 40000 TJ, seguido por el bagazo que supera los 30000 TJ. La caída en el consumo de residuos, según la UPME-BECO, es significativa teniendo en cuenta que cae en un 96 % pasando de un consumo cercano a los 45000 TJ en 2006, hasta cerca a los 1000 TJ para el año 2007 a partir del cual se presenta un consumo estable hasta el último año registrado. El consumo de bagazo tiene una caída menos traumática, pasando de un consumo cercano a los 35000 TJ en el año 2006, cayendo en un 50 % hasta los 17000 TJ para el año 2007, recuperándose drásticamente para el año 2008 en el que supera los 50000 TJ.

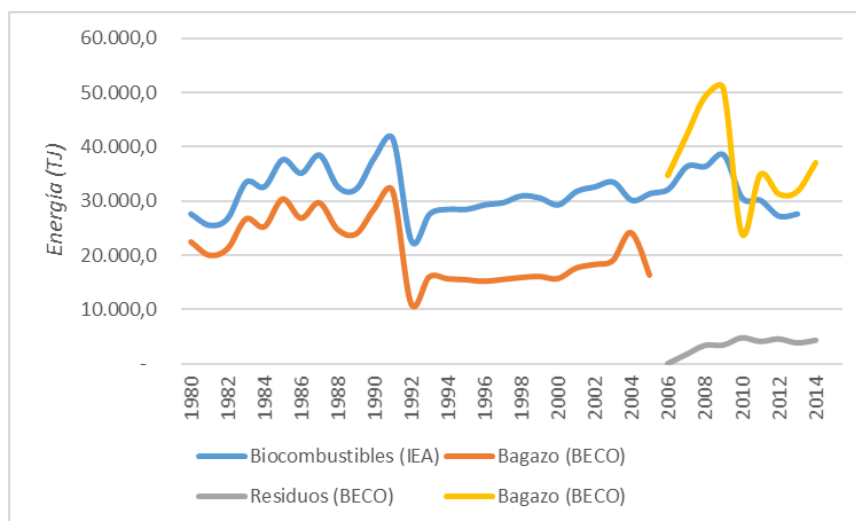


Figura 14 Variación del consumo de biocombustibles en la industria  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Una conclusión general de esta sección es que no se puede hacer un análisis consistente de tendencias y cambios en razón de la volatilidad y diversidad de las fuentes y los comportamientos. La recomendación es que de manera conjunta con la UPME se defina una curva de consumo consistente sobre la cual se hagan análisis coherentes.

#### 7.1.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector industria a nivel nacional

Para este análisis se utilizó la matriz de utilización (insumo-producto) del DANE para los siguientes subsectores:

- Alimentos, bebidas y tabaco: cuentas de códigos 10 al 19
- Papel, imprenta: cuentas 25 y 26
- Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear: código 27
- Sustancias y productos químicos: código 28
- Productos minerales no metálicos: código 30
- Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo): código 31

A continuación se presenta para cada uno, ilustraciones con los mayores porcentajes de consumo intermedio para cuatro años, lo que permitirá contrastar la evolución que han tenido los energéticos que utiliza y los principales subsectores de los que tiene mayor consumo. Adicionalmente, se presenta la evolución del consumo de energéticos en pesos colombianos, y la variación porcentual del consumo de dichos energéticos, lo que permitirá ilustrar cambios en tendencias y en el uso de energéticos dentro de sus procesos productivos.

##### 7.1.2.1 Subsector Alimentos, bebidas y tabaco

En la Figura 15 se muestran los principales porcentajes de consumo intermedio, de los cuales el principal es “Animales vivos, productos animales y productos de la caza” con un promedio de 25 %. De los energéticos sólo se muestra Energía eléctrica, el cual ha tenido una tendencia levemente creciente, empezando en 1 % en 2010, y llegando a un valor de 1,7 % en 2014.

A propósito del consumo de energéticos, de la Figura 16 y la Figura 17 se evidencia que, si bien el valor del consumo de energía eléctrica ha aumentado, su participación porcentual ha ido disminuyendo.

Por otra parte, el subsector de “Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear” ha ido ganando mucha participación, duplicando para el 2014 el porcentaje que tenía el año 2000, quedando con casi un cuarto del consumo de energéticos del subsector. El Gas que era el llamado a sustituir como fuente térmica al Combustible líquido, moderó su expansión a partir de 2010 y su crecimiento posterior es inferior al del Combustible líquido.

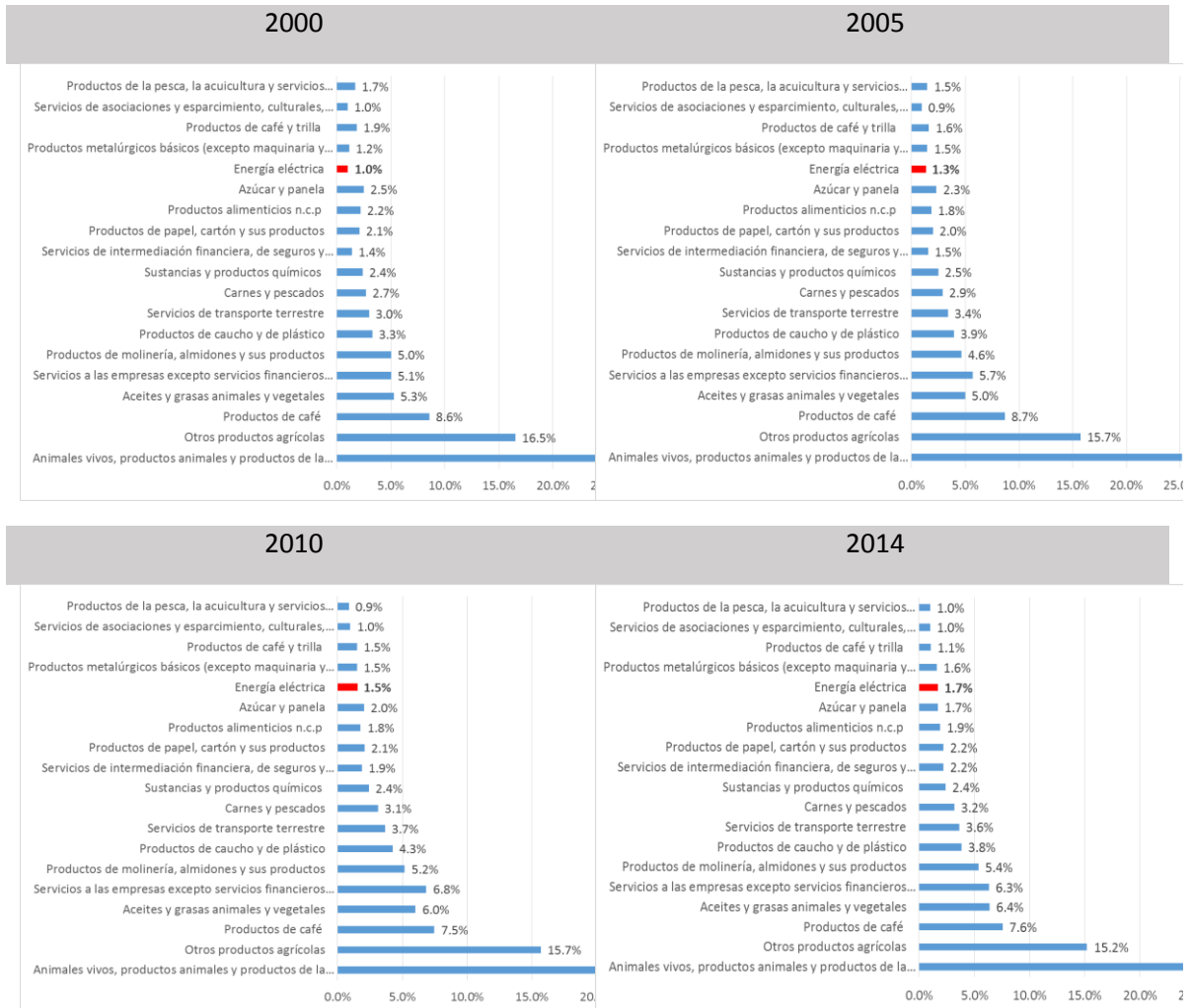


Figura 15 Variación matriz insumo producto, subsector alimentos, bebida y tabacos años, 2000 a 2014  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

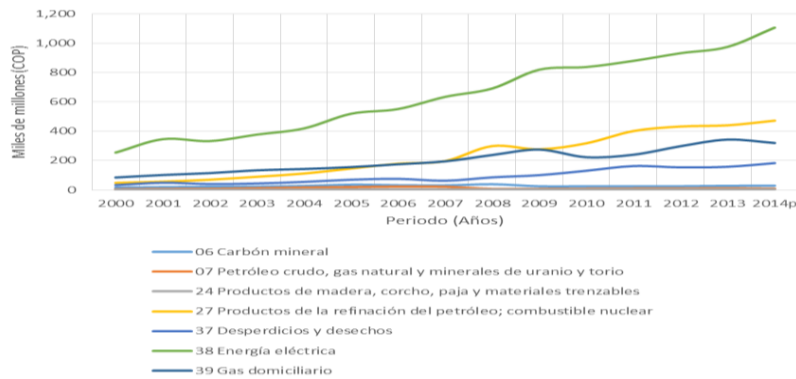


Figura 16 Consumo en miles de millones discriminado por energético para industria de alimentos, bebida y tabacos

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

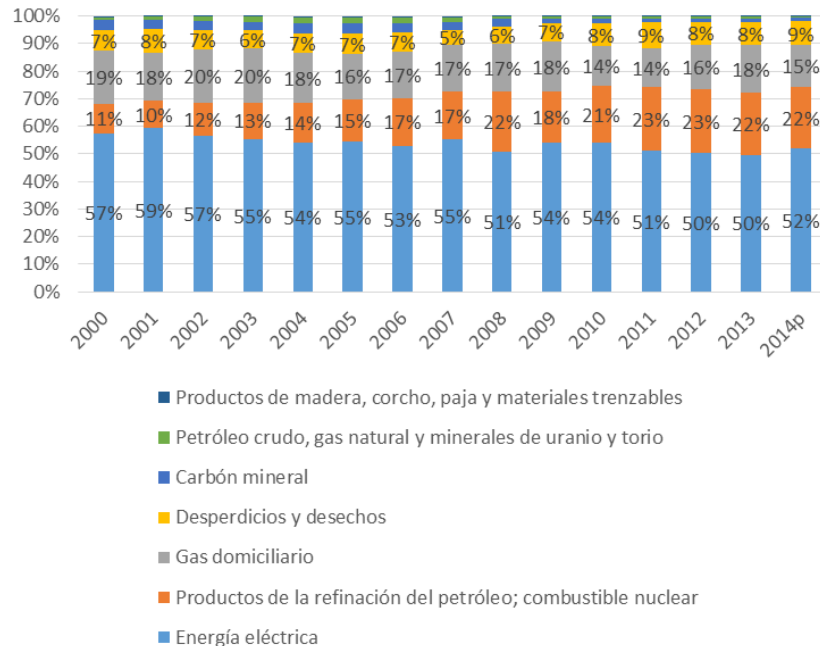


Figura 17 Variación porcentual consumos por energético durante 2000-2014

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.1.2.2 Subsector Papel e Imprenta

El principal consumo intermedio de este subsector es el de “Productos de papel, cartón y sus productos” con alrededor de una tercera parte del total, aunque para el 2014 disminuyó su participación en casi 8 % con respecto al año 2000 como se muestra en la Figura 18. Esta disminución pareciera haberse visto compensada con un aumento en el consumo de “Desperdicios y desechos”, “Energía eléctrica”, “Servicios de intermediación financiera” y “Productos de refinación del petróleo”.

Los energéticos presentes en son “Gas domiciliario”, “Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear”, y “Energía eléctrica”, siendo este último el de más peso de los tres.



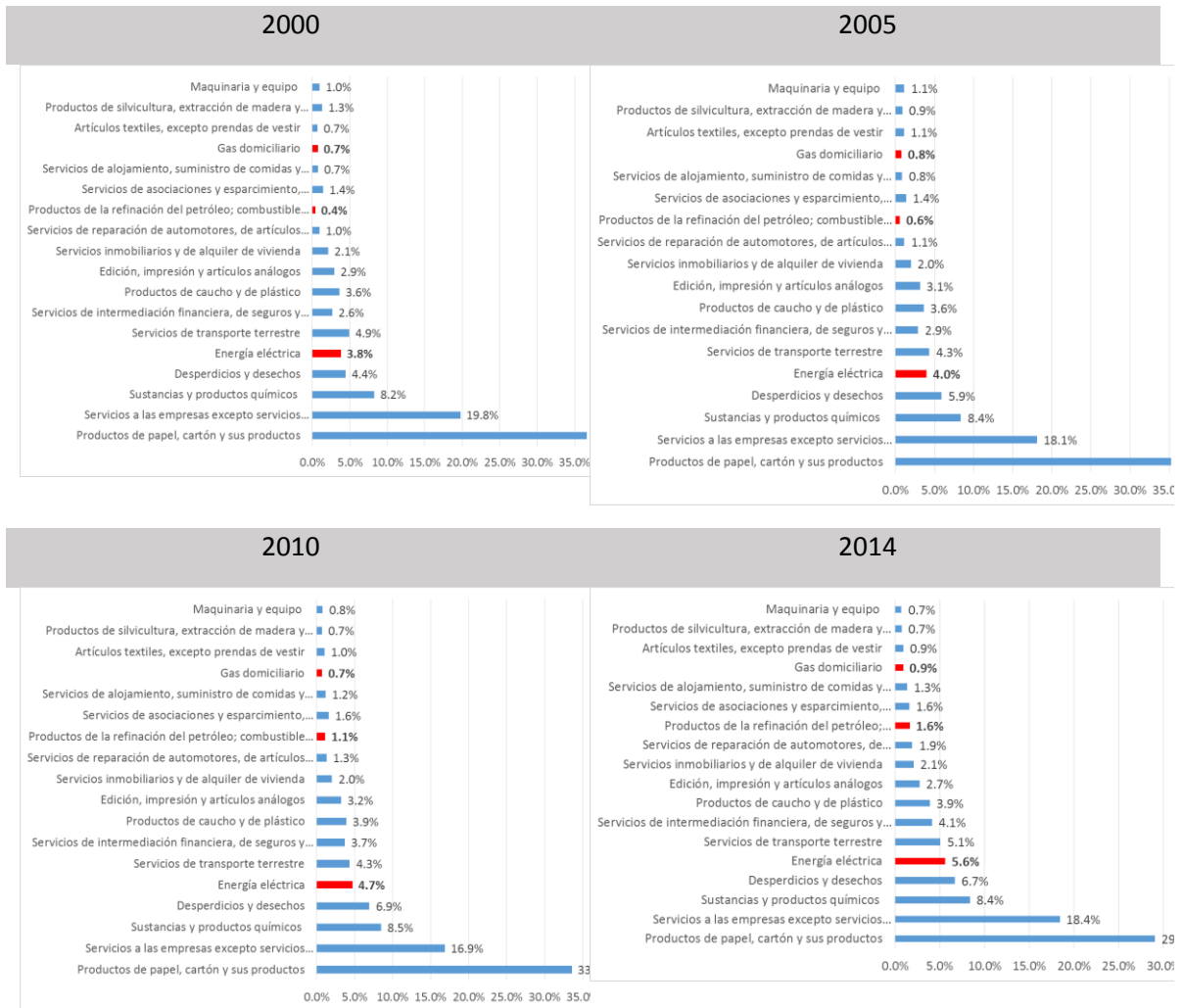


Figura 18 Porcentaje de participación por producto en el subsector industria Papel e Imprenta  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Con respecto al consumo intermedio de energéticos, la Figura 19 y la Figura 20 muestran que entre 2005 y 2010 hubo un crecimiento en el consumo intermedio de “Desperdicios y desechos” y una disminución (o desaceleración) del crecimiento del consumo de “Energía eléctrica”, aunque en 2014 volvió a tener una estructura similar a la del 2000. El renglón de “Desperdicios y desechos” requiere una glosa en razón de que el papel reciclado es materia prima en una magnitud importante y seguramente superior al uso como fuente energética de los desechos.



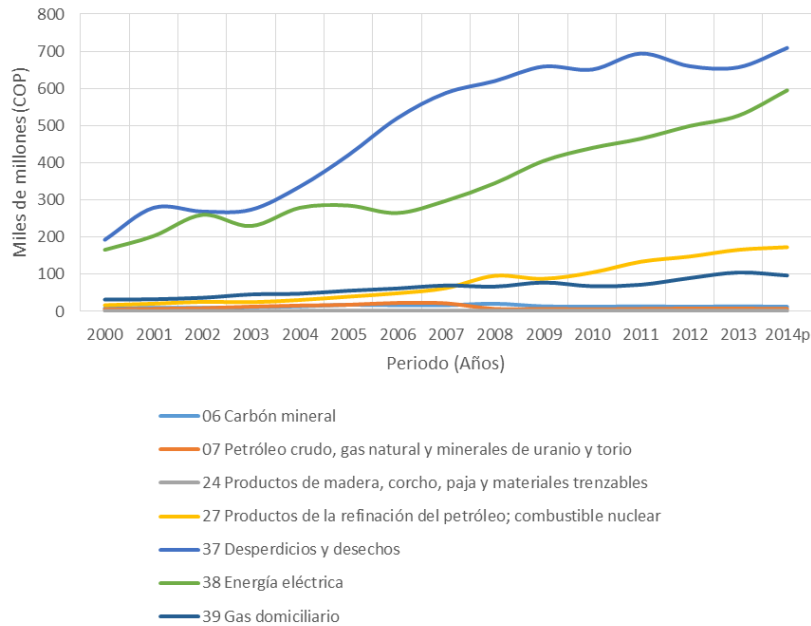


Figura 19 Variación en el consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria de Papel e Imprenta

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

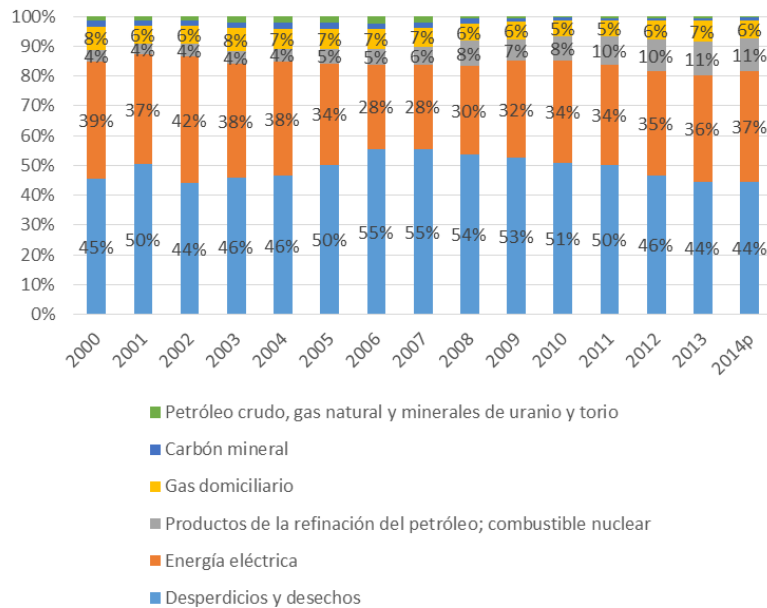


Figura 20 Variación porcentual discriminado por energético en la industria de Papel e Imprenta

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.1.2.3 Subsector Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear

La Figura 21 muestra que el mayor consumo intermedio del subsector es de “petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio”; sin embargo, en los últimos años ha tenido un importante cambio al consumir cada vez más productos de sí mismo, lo cual se ve reflejado especialmente en

el salto del periodo 2010 al 2014, donde su participación porcentual casi se triplicó pasando de 8,7 % a 25,1 %.

Un dato adicional de la serie de ilustraciones es la disminución del consumo intermedio de servicios de transporte por vía acuática, que en el año 2000 tenía el segundo mayor consumo con un 3,8 %, y fue disminuyendo hasta tener en el 2014 tan solo 1,2 % en la sexta posición de consumo del subsector.

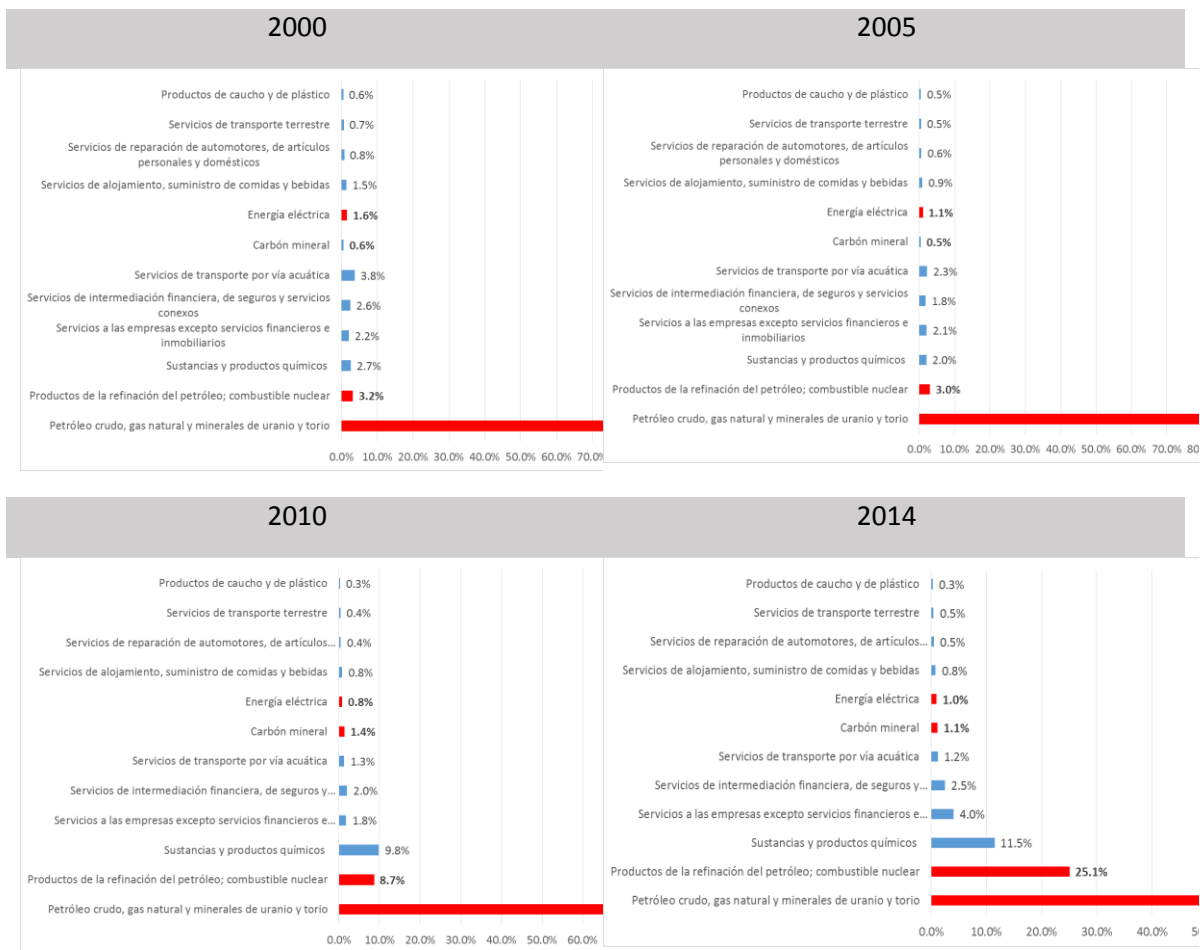


Figura 21 Porcentaje de participación por producto en la industria de refinerías durante el periodo 2000-2014  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Con respecto al consumo de energéticos, se puede apreciar en la Figura 22 y la Figura 23 el cambio que hubo alrededor del año 2008, donde se observa un aumento progresivo en la participación de productos de la refinación del petróleo y una disminución en el consumo del petróleo crudo. Este comportamiento puede explicarse por un cambio en la estructura industrial en la cual los procesos pasaron a tener insumos elaborados en partes anteriores en la cadena de refinación. Esto deberá constatar con entrevistas sectoriales.

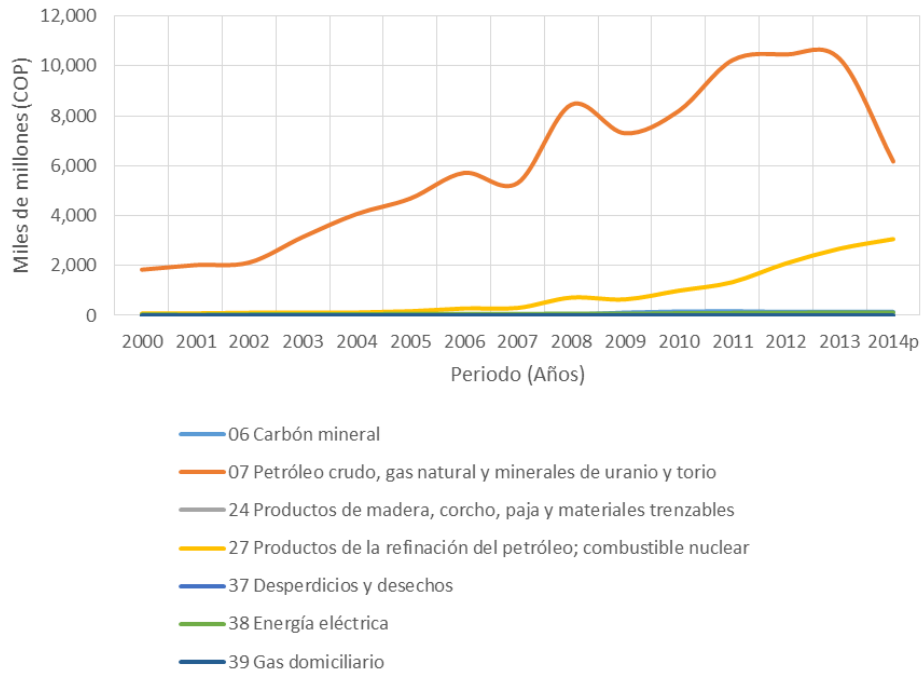


Figura 22 Consumo en miles de millones discriminado por energético en el sector refineras  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

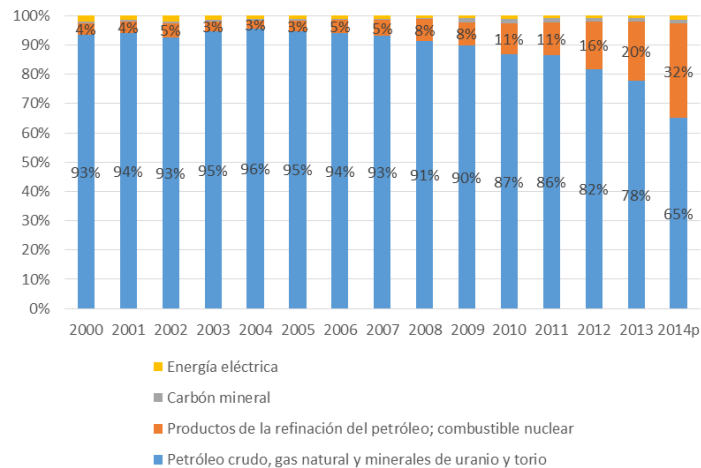


Figura 23 Variación porcentual del gasto por energético sobre el total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

#### 7.1.2.4 Subsector Sustancias y productos químicos

Para este subsector cabe resaltar que, como en los demás estudiados, el consumo de “productos de la refinación del petróleo” fue aumentando de 0,7 % en 2000 a 3,4 % en 2010, reemplazando a la energía eléctrica como principal energético como lo presenta la Figura 24. Otro subsector que tuvo variación considerable fue el de “Aceites y grasas animales y vegetales”, pasando de ser el séptimo mayor consumo en el 2000 a ser el tercer mayor consumo en el 2014.

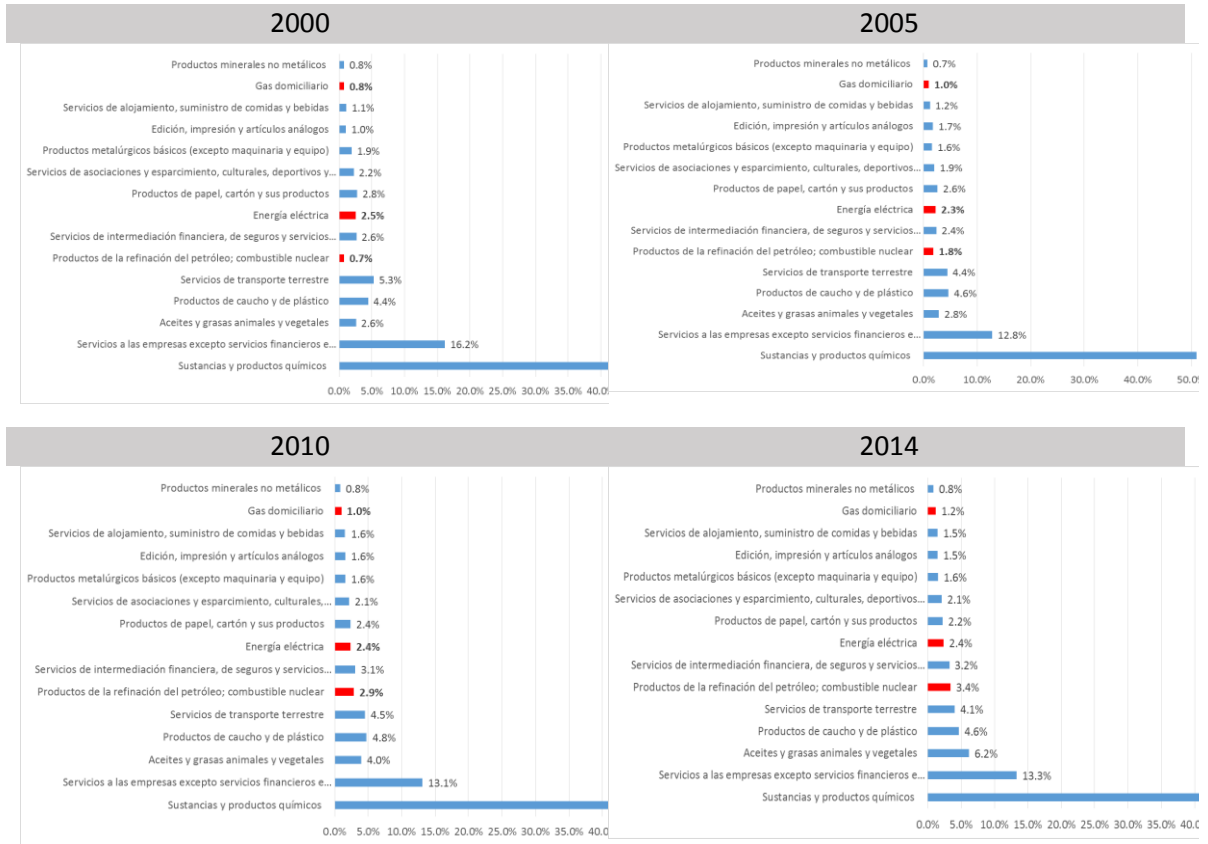


Figura 24 Porcentajes de participación por producto en la industria de sustancias químicas entre 2000 y 2014  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

En la Figura 25 y la Figura 26 se logra apreciar un contraste en el consumo intermedio de energéticos del subsector, el cual en el año 2000 tenía mayores valores de participación de energía eléctrica y gas domiciliario que de productos de la refinación del petróleo. Aunque este último en el 2001 había sobrepasado al gas domiciliario, fue entre 2006 y 2007 que sobrepasó a la energía eléctrica como el principal energético del subsector.

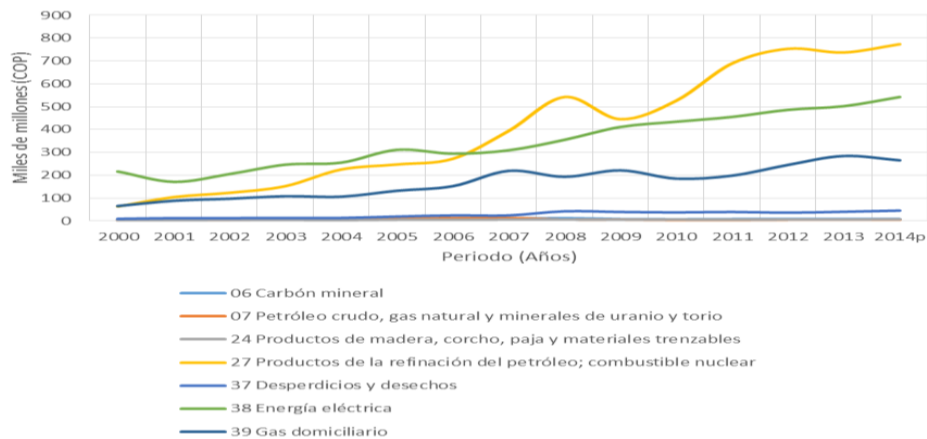


Figura 25 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria química  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

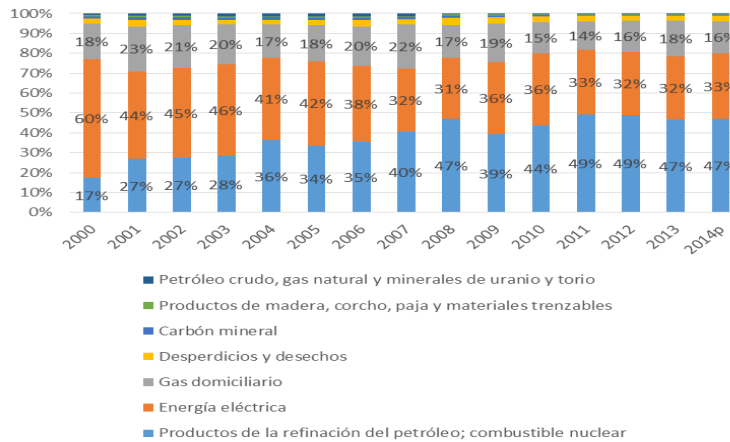


Figura 26 Variación porcentual del gasto por energético sobre el total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.1.2.5 Subsector Productos minerales no metálicos

Los cambios más evidentes en el consumo intermedio de este subsector han sido en el consumo de energéticos, aumentando el gas domiciliario, la energía eléctrica y los productos de la refinación del petróleo, siendo este último el de más rápido crecimiento, como lo presenta la Figura 27.

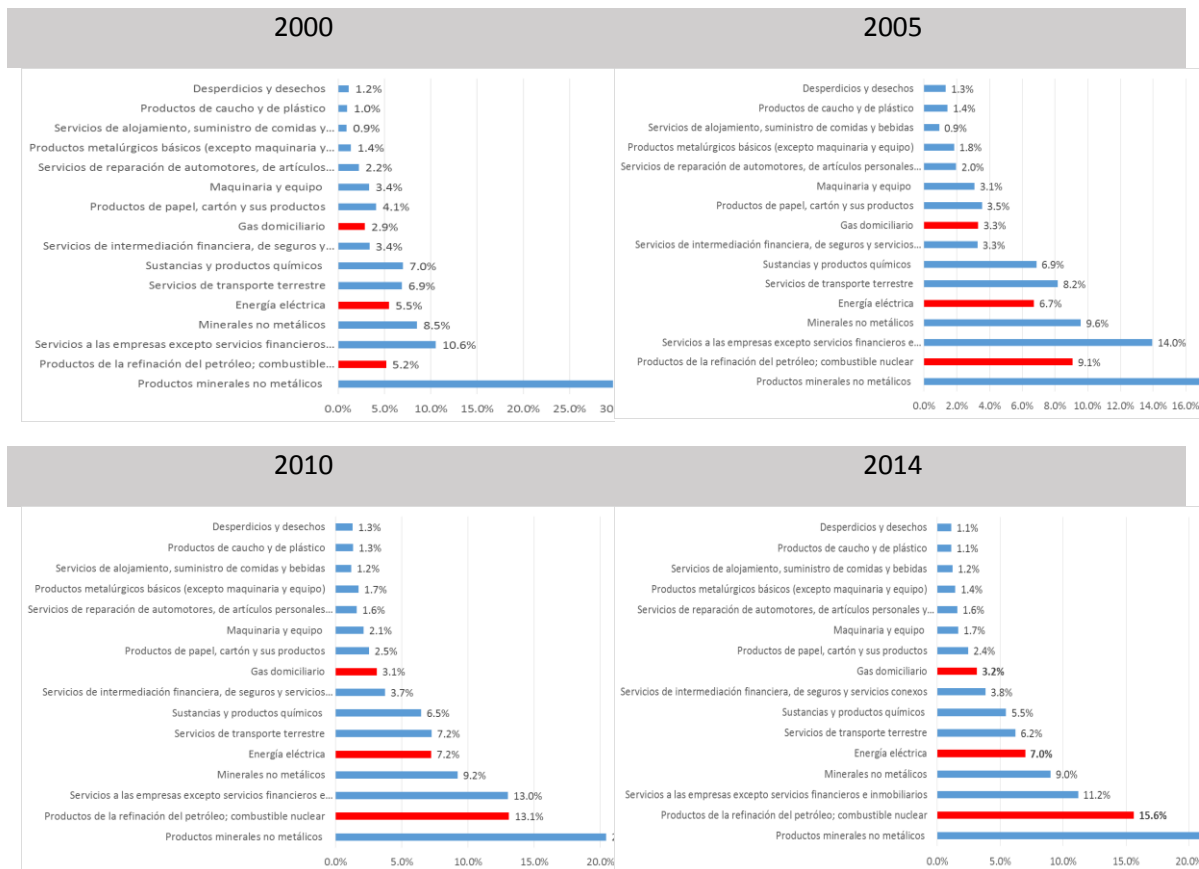


Figura 27 Variación de los porcentajes de participación por producto en el sector industria minerales no metálicos  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Por otro lado, como se puede evidenciar en la Figura 28 y la Figura 29, el consumo intermedio de energía eléctrica y de productos de la refinación del petróleo llevaban una tendencia similar entre los años 2000 y 2005, pero después de ese periodo empieza el segundo a crecer más rápidamente, generando una brecha que fue reducida entre 2008 y 2009, pero que entre 2010 y 2011 se recuperó con un rápido crecimiento. Es importante llamar la atención sobre el discreto comportamiento del gas el cual es el sustituto natural y más limpio de los combustibles líquidos como fuente de calor. Los problemas de suministro, precio y seguridad después de la restricción del 2011 han impactado las decisiones de los industriales en el uso de gas.

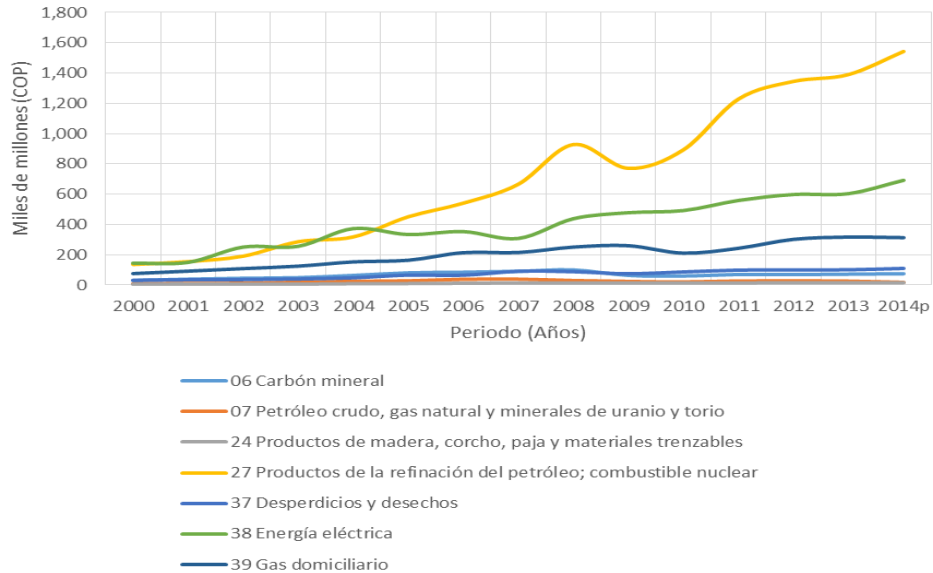


Figura 28 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético para la industria minerales no metálicos

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

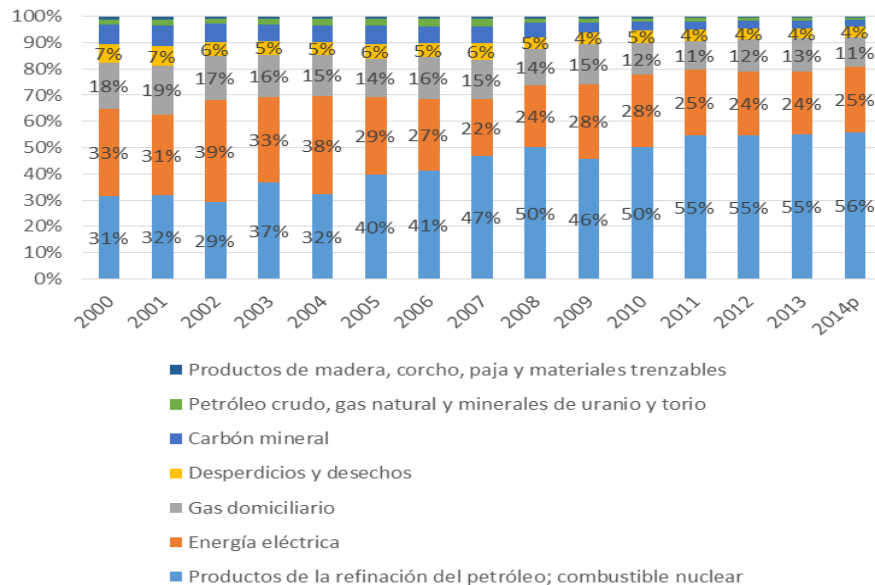


Figura 29 Variación del porcentaje de gasto en energético para el sector industria minerales no metálicos

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.1.2.6 Subsector Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo)

La Figura 30 muestra que el mayor consumo intermedio es del mismo subsector, y en general no tuvo cambios considerables en los periodos mostrados, conservando casi la misma estructura.

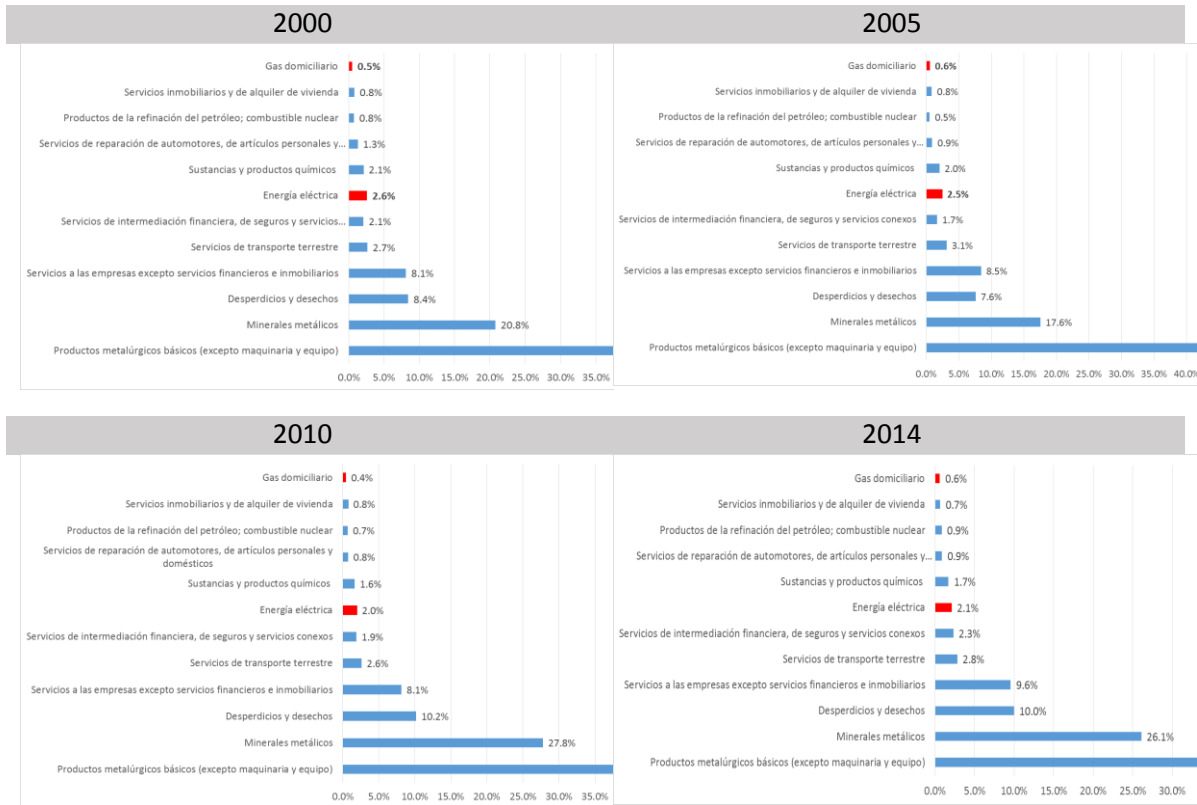


Figura 30 Variación en el porcentaje de participación por producto en la industria de minerales metálicos  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

En cuanto al consumo de energéticos mostrado en la Figura 31 y la Figura 32, se ve que la energía eléctrica tuvo un comportamiento muy plano, no se ven influencias por precios u otros factores de cambio en el uso de energéticos. Aun con lo anterior, es interesante ver la tendencia del consumo de desperdicios y desechos, que tuvo un gran crecimiento en el periodo 2007-2008, mientras que la energía eléctrica tuvo una leve disminución. El renglón de “Desperdicios y desechos” requiere una glosa en razón de que por una parte los metales reciclados son materia prima en una magnitud importante y seguramente superior al uso como fuente energética de los aceites usados y alcoholes de desecho.

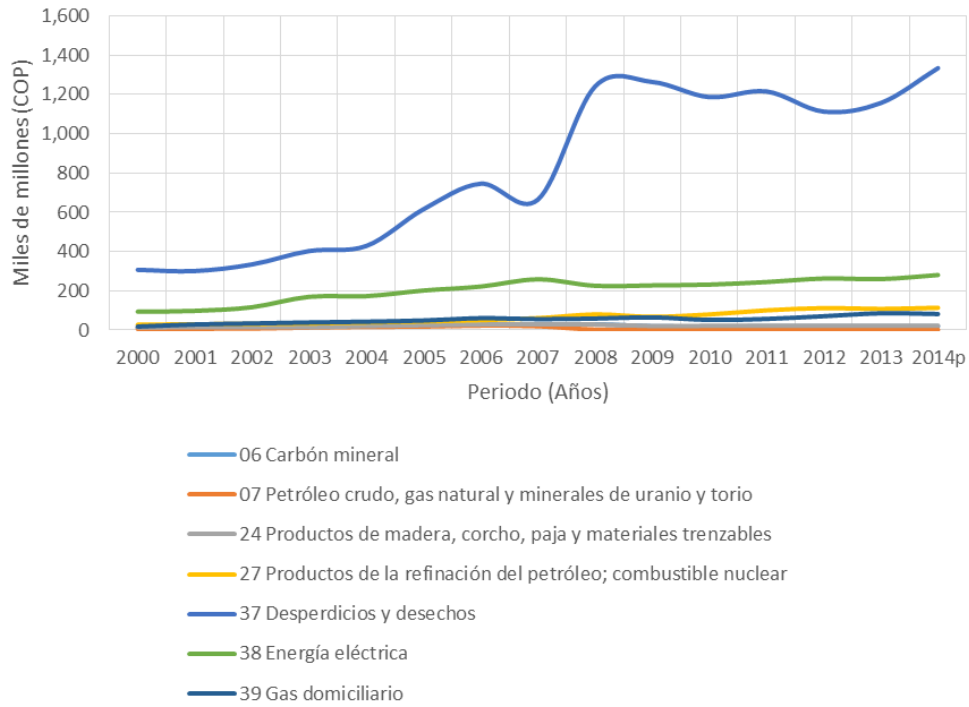


Figura 31 Variación del consumo en miles de millones discriminado por energético  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

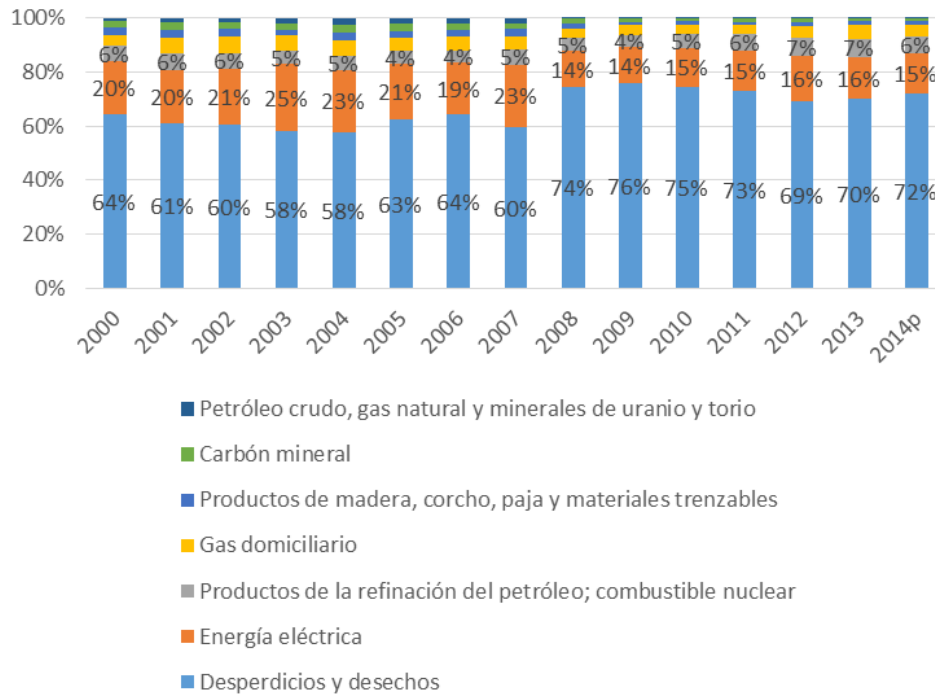


Figura 32 Variación porcentual de gasto por energético sobre el total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE



### 7.1.3 Comparación matriz insumo producto nacional del sector industria con el contexto internacional

#### 7.1.3.1 Comparación consumo de energéticos del sector industrial

Para efectos del presente análisis de comparación son de especial interés debido a su estructura industrial y económica: Alemania, Corea del Sur y Estados Unidos; Además, se incluye a Suecia y Reino Unido por su importante inversión en energías renovables (lo mismo para Alemania), y a México y Chile como referentes de comparación en Latinoamérica.

La estructura de consumo final de energía en los países de interés para 2014 es como se presenta en la Tabla 3 (Según la agencia internacional de energía -IEA), donde se evidencia que los países consumieron principalmente productos derivados del petróleo con un promedio de participación del 47 %. La excepción a lo anterior se presentó en Suecia, donde la participación de electricidad es ligeramente mayor: 440 PJ de electricidad vs 406 PJ en derivados de petróleo.

Para los países mostrados, los derivados del petróleo, la electricidad y el gas natural constituyen en promedio el 85 % de participación del consumo final de energía. En cuanto a los demás energéticos, biocombustibles y residuos tiene una participación considerable en Suecia, Chile, y Colombia (en ese orden); mientras que, en cuanto al consumo final de carbón, los de mayor participación son Colombia y Corea del Sur (en ese orden).

Tabla 3 Consumo final energía países de interés, según IEA

Total consumo final IEA [2014]	Colombia	Alemania	Corea del Sur	Estados Unidos	Chile	México	Suecia	Reino Unido
<b>Total [Petajoules]</b>	1073,3	9057	7130	64378	1040,7	4951	1334,9	5146
Productos derivados del petróleo	50%	43%	51%	48%	55%	62%	30%	43%
Electricidad	17%	20%	25%	21%	23%	18%	33%	21%
Gas Natural	15%	23%	13%	23%	5%	12%	2%	30%
Biocombustibles y residuos	11%	6%	2%	5%	16%	6%	19%	3%
Carbón	7%	3%	6%	1%	1%	2%	2%	2%
Térmica		4%	3%	0%			13%	1%
Geotérmica		0%	0%	0%				
Solar/Mareomotriz/Viento		0%		0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: [9]

Del total del consumo final de los países presentados, se observa en la Figura 33 que la participación promedio de la industria se ubica alrededor del 25%, definida de acuerdo a la agregación realizada por la IEA: Hierro y acero, químicos y petroquímicos, metales no ferrosos, minerales no metálicos, equipo de transporte, maquinaria, *minería y extracción*, alimentos y tabaco, pulpa, papel e impresión, madera y sus productos, *construcción*, textil y cuero, otros.

De la muestra, resaltan Chile y Estados Unidos por estar en los extremos de la figura. Para Chile, la participación del consumo final energético de la industria (42%) se debe principalmente a la inclusión de datos correspondientes a la gran minería de Cobre en el renglón de minería y canteras, el cual representó en 2014 el 41% del consumo final con 178 PJ.

En cuanto a Estados Unidos, el bajo porcentaje puede ser explicado por consideraciones de eficiencia y a que el consumo energético del país se concentra en el sector transporte y en otros (residencial, comercio y servicios públicos). No obstante lo anterior, el consumo en petajoules es mucho mayor que en los demás países de la muestra, siendo éste equivalente a 1,4 veces el consumo agregado de los demás países de la muestra (11.247 PJ vs 7.876 PJ).

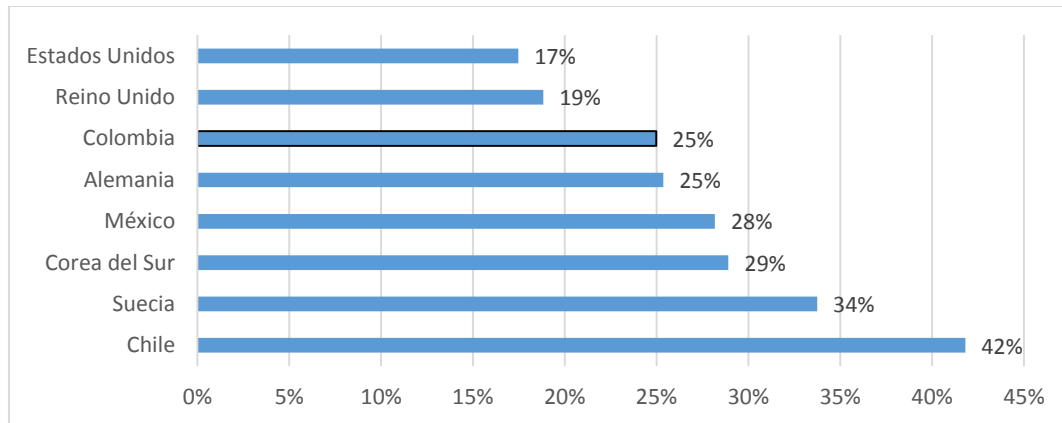


Figura 33 % Participación industria en consumo final energía, IEA  
Fuente: [9]

Por otro lado, debido a que la agregación de industria en la Agencia Internacional de Energía se ha hecho incluyendo subsectores que no han sido objeto de análisis -como el de minería, y por ello la anterior situación de Chile-, se incluyen los siguientes datos de consumo final por cada subsector:

Tabla 4. Consumo final energía subsectores industria según IEA

Consumo final Industria IEA [Petajoules, 2014]	Colombia	Alemania	Corea del Sur	Estados Unidos	Chile	México	Suecia	Reino Unido
<b>Total país [PJ]</b>	1073,3	9057	7130	64378	1040,7	4951	1334,9	5146
<b>Industria</b>	268	2.297	2.061	11.247	435	1.395	450	969
Químicos y petroquímicos	61	597	386	2475	0	172	26	132
Minerales no metálicos	52	276	239	748	14	210	13	110
Hierro y acero	49	311	525	719	5	164	46	69
Alimentos, bebidas y tabaco	41	209	77	1188	3	62	15	109
Papel, pulpa e impresión	23	245	97	1840	97	45	163	67
Minería y canteras	16	14	9	333	178	58	7	1
Textil y cuero	10	20	84	107			1	30
No especificado (industria)	7	107	112	1225	139	657	117	287
Maquinaria y equipo	5	238	315	981		1	15	73
Construcción	3		31	595		10	4	27
Madera y productos de madera	2	77	15	198	0		22	
Metales no ferrosos		82	42	416		3	13	23
Equipo de transporte		121	125	360		11	8	40

Fuente: [9]

De la Tabla 4 cabe resaltar que no está incluida la información del subsector coque, refinación del petróleo; y que los productos elaborados de metal se incluyen dentro de maquinaria y equipo (en otras fuentes se encuentra desagregado). Es por esta situación que la agregación de los subsectores

de interés (“Alimentos, bebidas y tabaco”, “pulpa, papel e imprenta”, “coque, refinación de petróleo”, “productos químicos”, “productos minerales no metálicos”, “metalúrgicos básicos”, y “productos elaborados de metal”) no se puede hacer de forma comparable con la información de la OECD, por lo que más adelante en el documento se presentan desagregados (y que coinciden con los 5 más importantes para Colombia de la anterior tabla).

### 7.1.3.2 Principales sectores oferentes y demandantes del sector industrial

Por otro lado, se presenta un resumen de las principales ramas oferentes y demandantes para los subsectores de industria (en el centro de la Tabla 5 donde, a su lado izquierdo se presentan los principales subsectores de los que consume para incorporar en sus procesos de producción; y de la misma manera, a su lado derecho se presenta la oferta a las demás ramas, en ambos extremos con el porcentaje promedio de participación de los países de interés.

*Nota:* Dado que esta información fue tomada de las matrices insumo-producto publicadas por la OECD, esta tabla sí incluye los subsectores de coque, refinación de petróleo y productos elaborados de metal.

Tabla 5 Principales subsectores oferentes y demandantes

Promedio	Consumo intermedio	Subsector	Oferta a demás ramas	Promedio
33%	Agricultura, cacería, silvicultura, y pesca	Alimentos, bebidas y tabaco	Alimentos, bebidas y tabaco	40%
18%	Alimentos, bebidas y tabaco		Hoteles y restaurantes	27%
17%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Agricultura, cacería, silvicultura, y pesca	13%
34%	Pulpa, papel e imprenta	Pulpa, papel e imprenta	Pulpa, papel e imprenta	30%
12%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Comercio mayorista y minorista, reparación	12%
10%	I+D y otras actividades de negocio		I+D y otras actividades de negocio	9%
62%	Minería y extracción	Coque, refinación petróleo	Transporte y almacenamiento	29%
14%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Coque, refinación petróleo	10%
9%	Coque, refinación petróleo		Químicos	9%
34%	Químicos	Químicos	Químicos	33%
14%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Salud y trabajo social	11%
11%	I+D y otras actividades de negocio		Caucho y productos de plástico	11%
18%	Productos minerales no metálicos	Productos minerales no metálicos	Construcción	56%
14%	Minería y extracción		Productos minerales no metálicos	12%
12%	Comercio mayorista y minorista, reparación			
37%	Metalúrgicos básicos	Metalúrgicos básicos	Metalúrgicos básicos	34%
23%	Minería y extracción		Construcción	14%
11%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Productos elaborados de metal	13%
32%	Metalúrgicos básicos	Productos elaborados de metal	Construcción	22%
23%	Productos elaborados de metal		Productos elaborados de metal	16%
10%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Maquinaria y equipo	12%

Fuente: [10]

De la anterior tabla, se observa que las mayores concentraciones están en el subsector “Coque, refinación del petróleo”, cuyo consumo de las actividades de minería y extracción representan un 62% del total, y en “productos minerales no metálicos, que el 56% de su oferta a las demás ramas de la economía es para actividades de construcción. Estas concentraciones -y otras en los demás subsectores- podrían dar cuenta de una baja diversificación, además de baja complejidad en sus productos.

### 7.1.3.3 Subsector Alimentos, bebidas y tabaco

#### 7.1.3.3.1 Participación subsector en el PIB

En cuanto a la participación del subsector en el PIB (ver Figura 34), se observa una marcada diferencia entre los países latinoamericanos de la muestra (Colombia, Chile, México) y el resto de países analizados (Estados Unidos, Alemania, Corea del Sur, Suecia, Reino Unido), donde los primeros tienen una participación de alrededor del 7,5% y los segundos alrededor del 3%. Esta situación demuestra que la industria en estos países latinoamericanos es un poco incipiente, es decir, tienen menor dedicación a las demás actividades productivas.

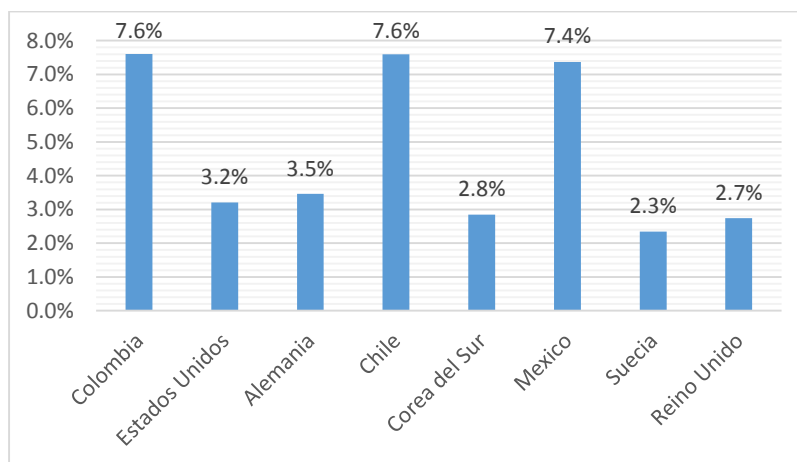


Figura 34. % Participación PIB: Alimentos, bebidas y tabaco  
Fuente: [10]

#### 7.1.3.3.2 Participación del consumo de energéticos

Nota: Es importante resaltar que, de las ramas de la economía presentes en la matriz insumo-producto y que contienen energéticos, se toman para el sector industrial el “coque y productos de la refinación del petróleo” y la “Electricidad, gas y agua”, aclarando que su demanda no se refiere únicamente a consumo energético, sino también a insumos que incorporan en su cadena de valor; y dada la naturaleza de sus operaciones -transformación de insumos en productos terminados-, esto es especialmente significativo en el sector industria. Para el subsector de alimentos, bebidas y tabaco, en la Figura 35 y en la Figura 36 se presenta la demanda de energéticos del subsector en términos porcentuales y en millones de dólares, para dar cuenta no solo de la estructura, sino también de la escala de demanda en la comparación con los demás países de la muestra.

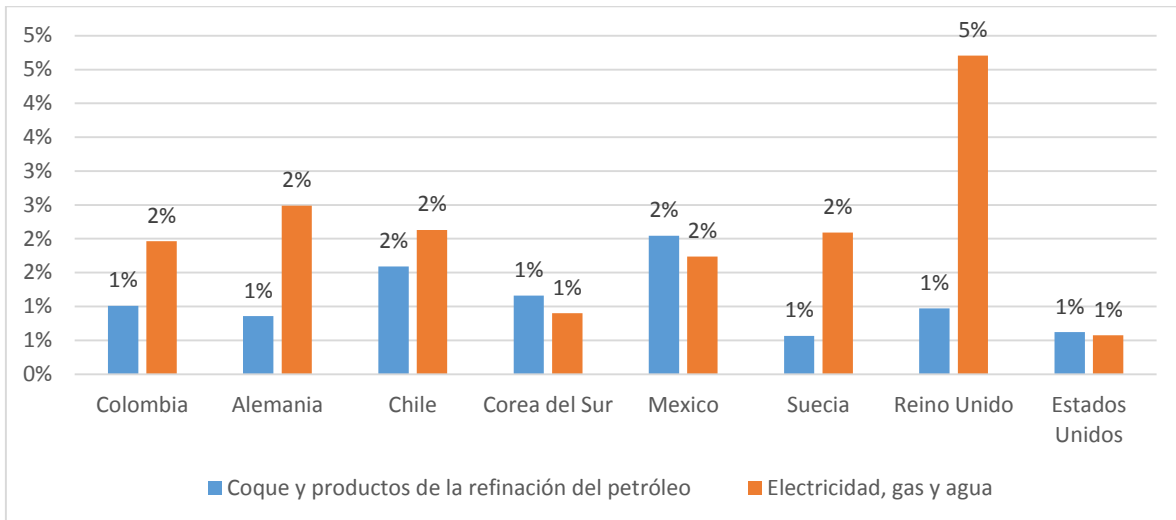


Figura 35. % Participación consumo de energéticos: Alimentos, bebidas y tabaco  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

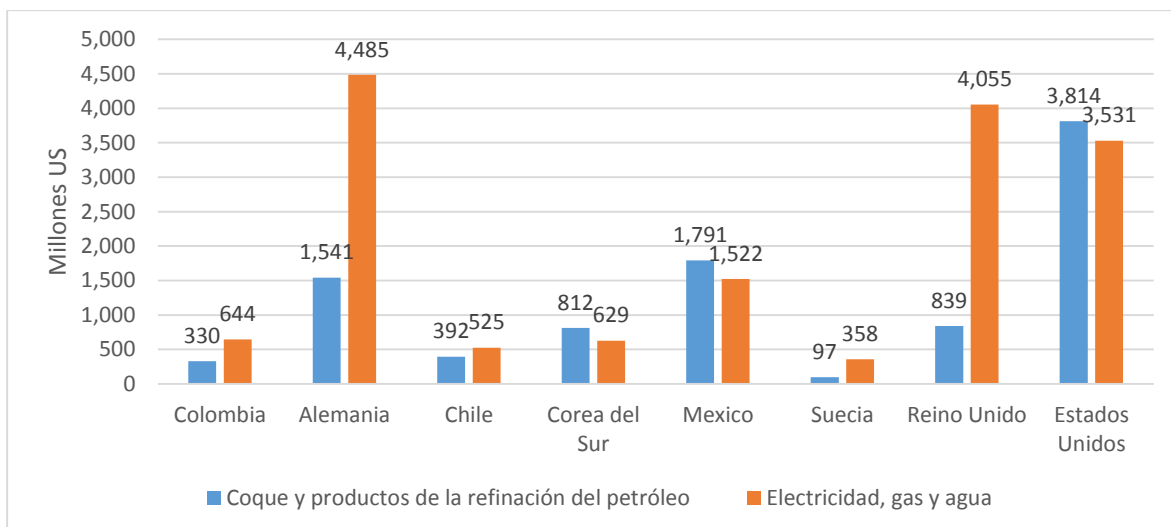


Figura 36. Consumo de energéticos en millones de dólares: Alimentos, bebidas y tabaco  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

De las anteriores figuras se observa que la estructura porcentual de demanda de estos energéticos es similar, teniendo el Reino Unido una demanda particular de Electricidad, gas y agua, con un 5% en comparación al promedio de 2% de los demás países.

En la Figura 36 la escala permite evidenciar una clara diferencia en la demanda de energéticos, especialmente en electricidad, gas y agua, para Alemania, Reino Unido y Estados Unidos, éste último diferenciándose también por la mayor demanda de coque y productos de la refinación del petróleo con 3.814 Millones de dólares, valor que como mínimo duplica el de los demás países de la muestra.

### 7.1.3.3.3 Demanda subsector

Según la Tabla 6, el consumo intermedio se concentra principalmente en este orden: Agricultura, cacería, silvicultura y pesca, el mismo subsector, y en comercio mayorista y minorista. Además, hay otros subsectores de los que consume que vale la pena mencionar: transporte y almacenamiento, e investigación y desarrollo. Lo anterior va acorde a la idea intuitiva que se tiene del flujo del sector de alimentos, bebidas y tabaco: consume productos del sector primario para incorporarlos en sus procesos de transformación, y finalmente ofrecerlos como productos finales, por ejemplo, a servicios de hoteles y restaurantes.

Tabla 6 Consumo intermedio Alimentos, bebidas, tabaco

Consumo intermedio subsector Alimentos, bebidas y tabaco	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	Mexico	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	44%	27%	35%	41%	41%	26%	20%	31%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	18%	17%	17%	20%	16%	16%	18%	20%
Pulpa, papel e imprenta	2%	3%	3%	2%	1%	3%	4%	4%
Coque y productos de la refinación del petróleo	1%		2%	1%	2%			
Sustancias y productos químicos	2%	1%	1%	2%	2%	1%	2%	1%
Productos de caucho y plástico	3%	2%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
Productos minerales no metálicos					1%	1%	1%	
Productos elaborados de metal				2%		2%	2%	2%
Maquinaria y equipamiento						1%	2%	
Electricidad, gas y agua	2%	2%	2%		2%	2%	5%	
Comercio mayorista y minorista, reparación	13%	16%	15%	10%	22%	17%	20%	19%
Transporte y almacenamiento	5%	6%	6%	4%	4%	9%	5%	5%
Correo y telecomunicaciones							1%	
Intermediación financiera	1%	2%	1%	1%			3%	1%
Actividades inmobiliarias		2%				2%		
I + D y otras actividades comerciales	4%	11%	8%	2%	4%	8%	7%	6%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	1%	1%						

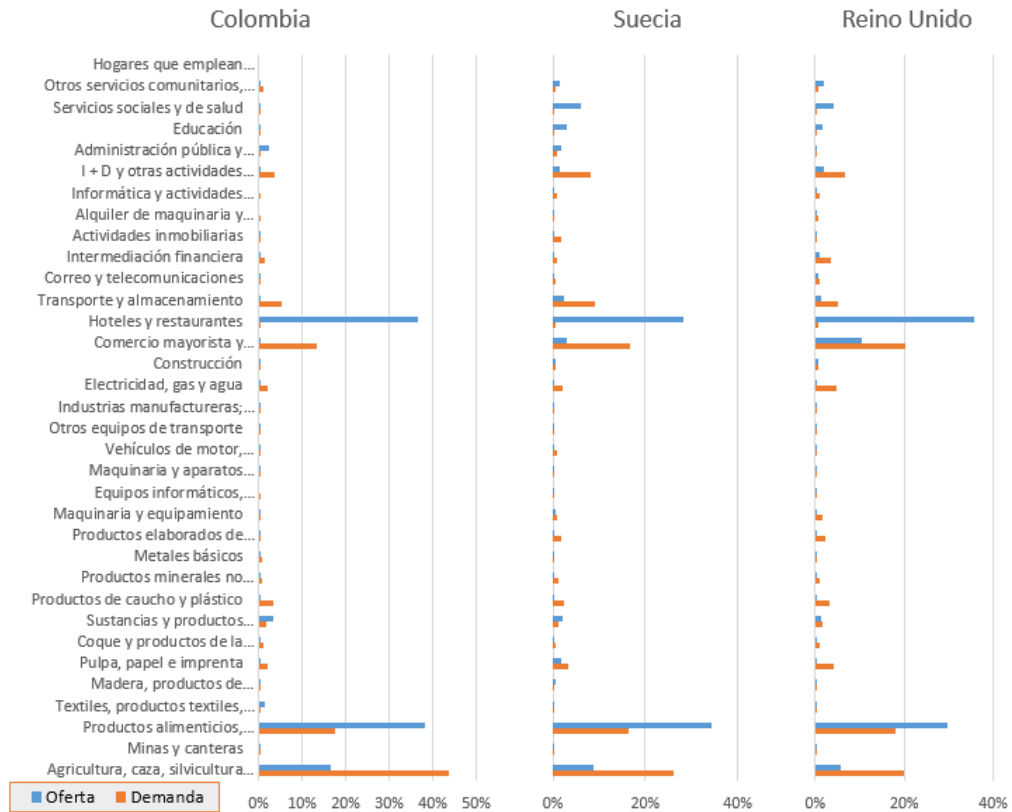
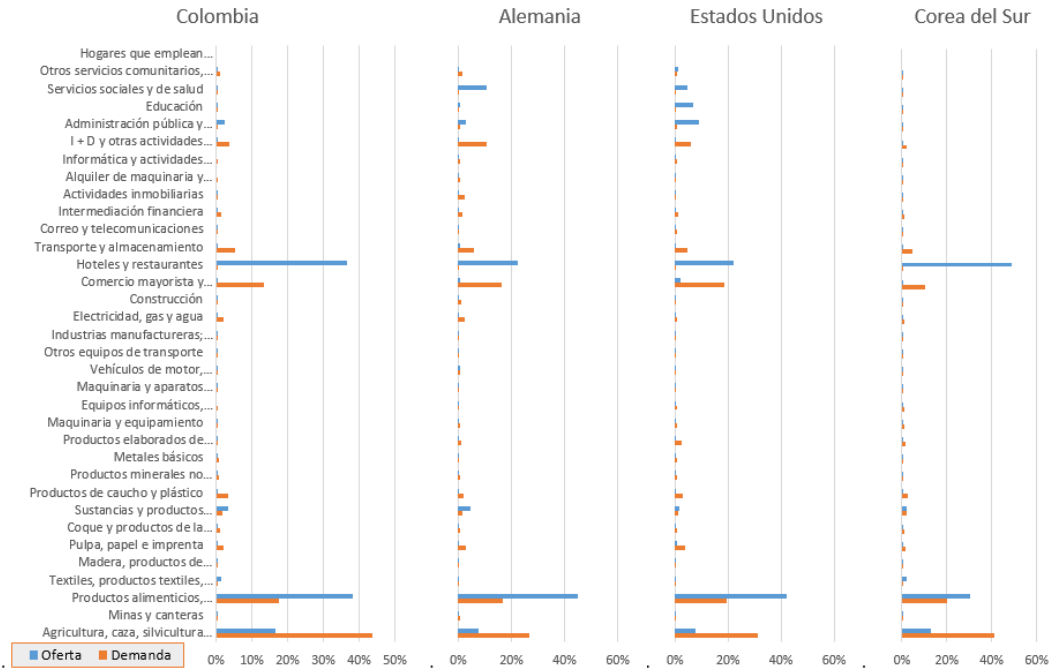
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

**Nota:** Dada la agregación de los subsectores, se encuentra que casi siempre el principal -o uno de los principales- demandante del subsector resulta ser sí mismo: para la producción de papel e impresiones se requiere pulpa y papel, para la producción de productos químicos se requieren productos y subproductos del mismo subsector, etc. La excepción más clara de este comportamiento es el subsector de Coque y productos de la refinación del petróleo, que oferta más al transporte y consume más de la minería.

### 7.1.3.3.4 Estructura de la oferta y la demanda

A continuación, en la Figura 37 se presenta la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio.

En el caso del subsector de alimentos, bebidas, y tabaco, las líneas de demanda (Naranja) al mirarse en las diferentes figuras podría concluirse que están más distribuidas que las líneas de oferta (azul), especialmente en el Reino Unido y Suecia, lo que podría significar una mayor diversificación del subsector y una mayor complejidad en estos países.



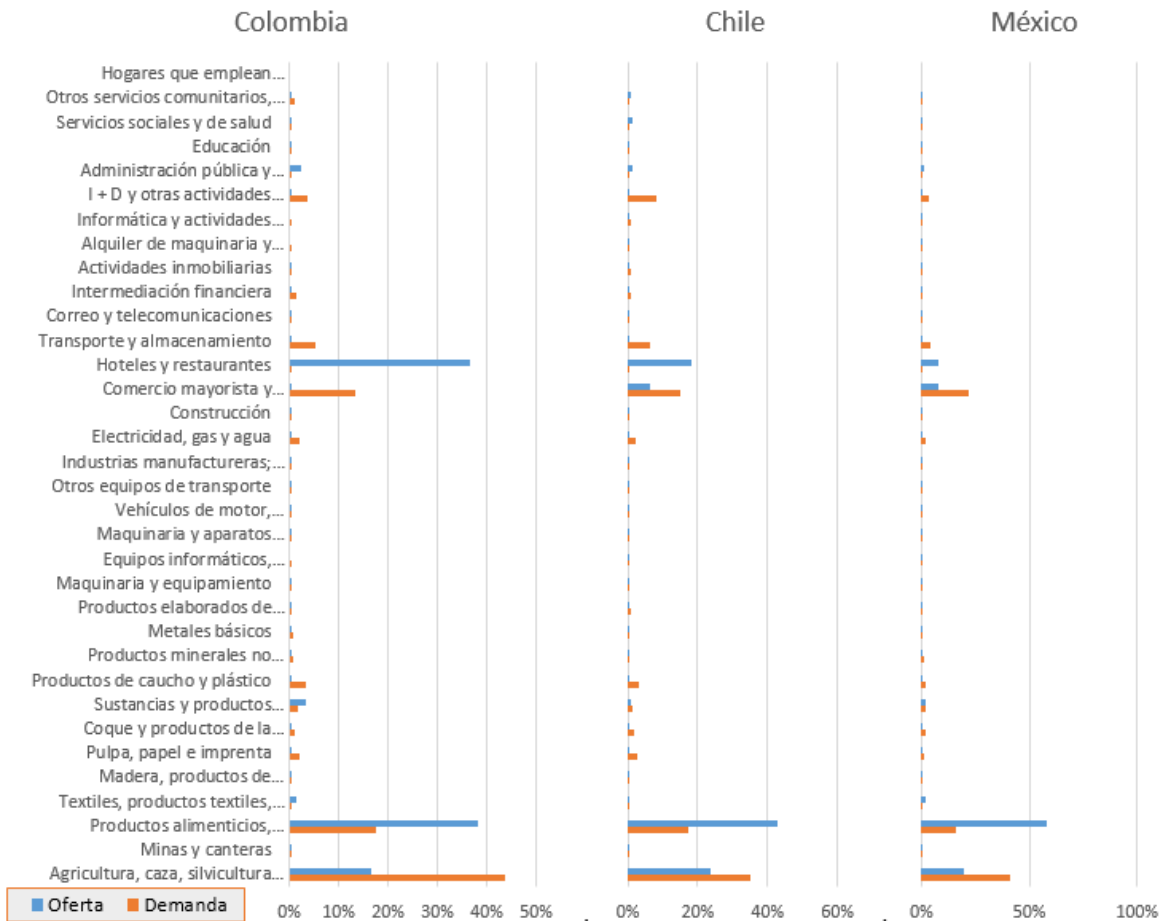


Figura 37 Estructura de la oferta y demanda del subsector alimentos, bebidas y tabaco

#### 7.1.3.4 Subsector Papel, Cartón e Impresión

##### 7.1.3.4.1 Participación subsector en el PIB

Para este subsector las diferencias en participación del PIB) no son tan considerables como en el caso de alimentos, estando Colombia (1,4 %) cercano a valores del Reino Unido (1,6 %), y no muy alejado de Alemania, Chile y Estados Unidos, aunque resalta la diferencia que tiene Suecia con los demás países: duplica la participación de Colombia. (Ver Figura 38)



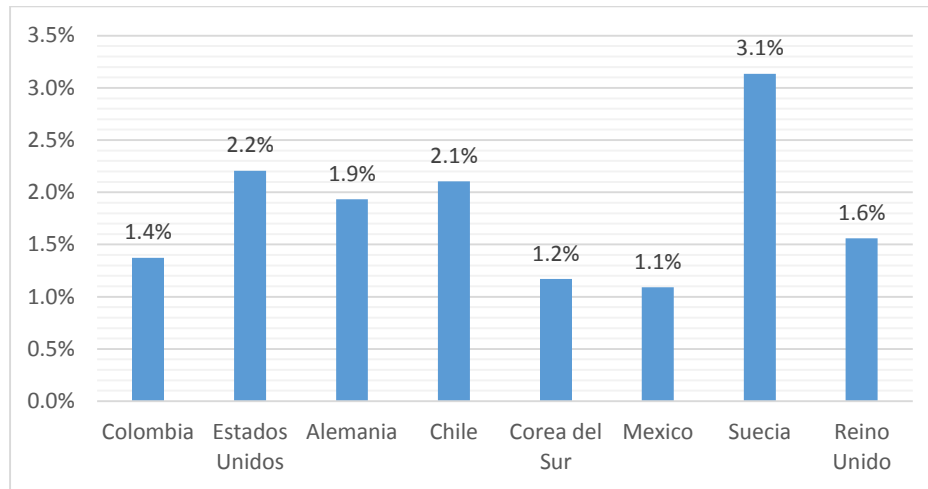


Figura 38. % Participación PIB: Pulpa, papel e impresión  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.4.2 Participación del consumo de energéticos

En la Figura 39 y Figura 40, se observa la gran diferencia que tiene Estados Unidos en el consumo de coque y productos de la refinación del petróleo para este subsector, dado que, aunque porcentualmente no es tan significativo (2 %), supera con 6.770 Millones US por casi 9 veces el valor del segundo en participación (Alemania) con 766 Millones de US. En cuanto a Electricidad, gas y agua, Alemania demuestra una mayor intensidad en el uso de estos energéticos, dado que consume casi la misma cantidad en dólares que Estados Unidos y con una participación mucho menor de coque y productos de la refinación del petróleo. Además, se observa que, aunque Chile tiene un gran porcentaje de consumo de electricidad (10 %), la cantidad en dólares no es tan significativa, lo que podría significar que sus procesos son más intensivos en el uso de este energético, y que pueden estar influenciado por factores de precio y eficiencia. Por otro lado, en Suecia cabe resaltar que el subsector tiene la mayor participación del PIB de la muestra (3,1 %) y es en general de los más intensivos en electricidad, lo que podría mostrar una dedicación distinta al uso de energía térmica con combustibles fósiles para las aplicaciones requeridas de calor en la producción de papel. Este comportamiento se presenta de forma similar en Alemania y Reino Unido.

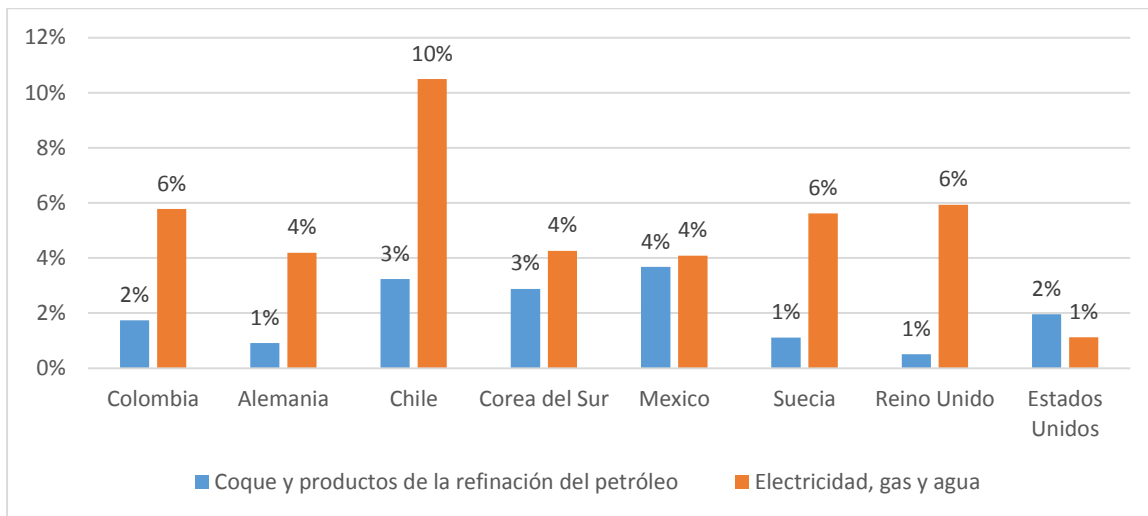


Figura 39. % Participación consumo de energéticos: Pulpa, papel e impresión  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

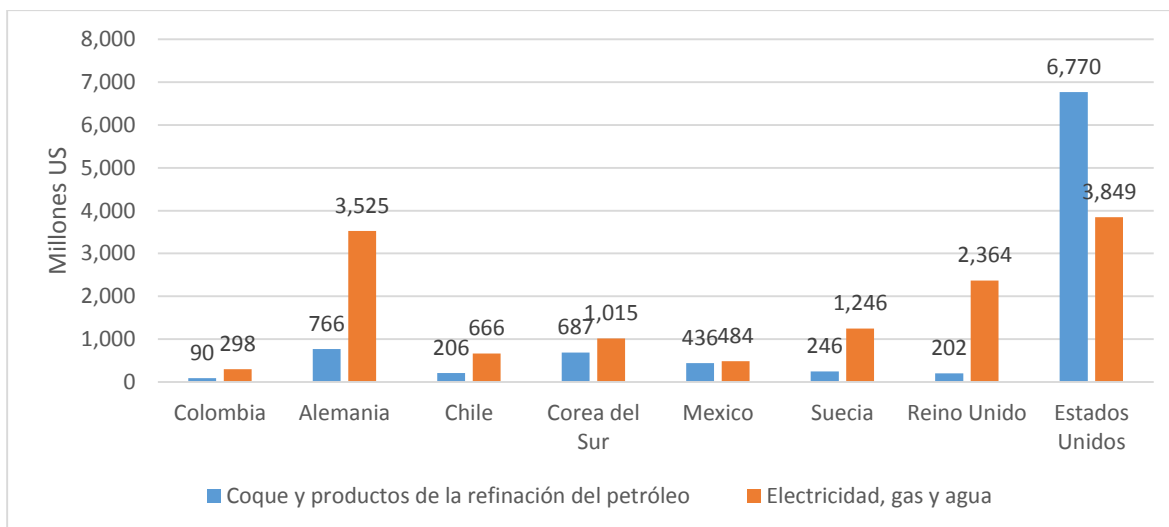


Figura 40. Consumo de energéticos en millones de dólares: Pulpa, papel e impresión  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.4.3 Demanda subsector

Tal como se muestra en la Tabla 7, el consumo intermedio del subsector se concentra en él mismo (subproductos y materiales), con el caso de Corea del Sur y México como mayores porcentajes de los países estudiados (ambos 46%). Otros subsectores importantes de consumo incluyen comercio mayorista y minorista, Electricidad, gas y agua, e investigación y desarrollo y otras actividades comerciales.

Se observa que, aunque la demanda del subsector está relativamente centrada en él mismo, tiene una gran variedad de pequeños consumos de los demás subsectores, lo que podría significar una buena diferenciación en sus actividades -o al menos un indicio de ello-.

Tabla 7. Consumo intermedio Pulpa, papel e impresión

Consumo intermedio subsector Papel, imprenta	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	Mexico	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Agricultura, caza, silvicultura y pesca			6%			7%		1%
Textiles, productos textiles, cuero y calzado	2%			2%	2%			
Madera, productos de madera y corcho			7%			4%		2%
Pulpa, papel e imprenta	36%	32%	20%	46%	46%	21%	32%	34%
Coque y productos de la refinación del petróleo	2%		3%	3%	4%	1%		2%
Sustancias y productos químicos	7%	4%	4%	8%	6%	5%	4%	5%
Productos de caucho y plástico	4%	2%	1%	3%	2%		1%	1%
Metales básicos			1%					
Productos elaborados de metal			1%					2%
Maquinaria y equipamiento				1%		1%	2%	1%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos								3%
Industrias manufactureras; reciclaje	4%	1%	2%				2%	
Electricidad, gas y agua	6%	4%	10%	4%	4%	6%	6%	1%
Construcción		1%					1%	
Comercio mayorista y minorista, reparación	9%	10%	13%	7%	15%	9%	20%	12%
Hoteles y restaurantes	1%							
Transporte y almacenamiento	7%	3%	9%	6%	3%	17%	5%	5%
Correo y telecomunicaciones		4%		1%			1%	2%
Intermediación financiera	3%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	3%
Actividades inmobiliarias	2%	3%		2%	2%	3%		
Alquiler de maquinaria y equipo		2%						
Informática y actividades conexas	1%	6%	1%			3%	2%	3%
I + D y otras actividades comerciales	11%	12%	13%	7%	9%	8%	10%	13%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	2%	5%				3%	3%	

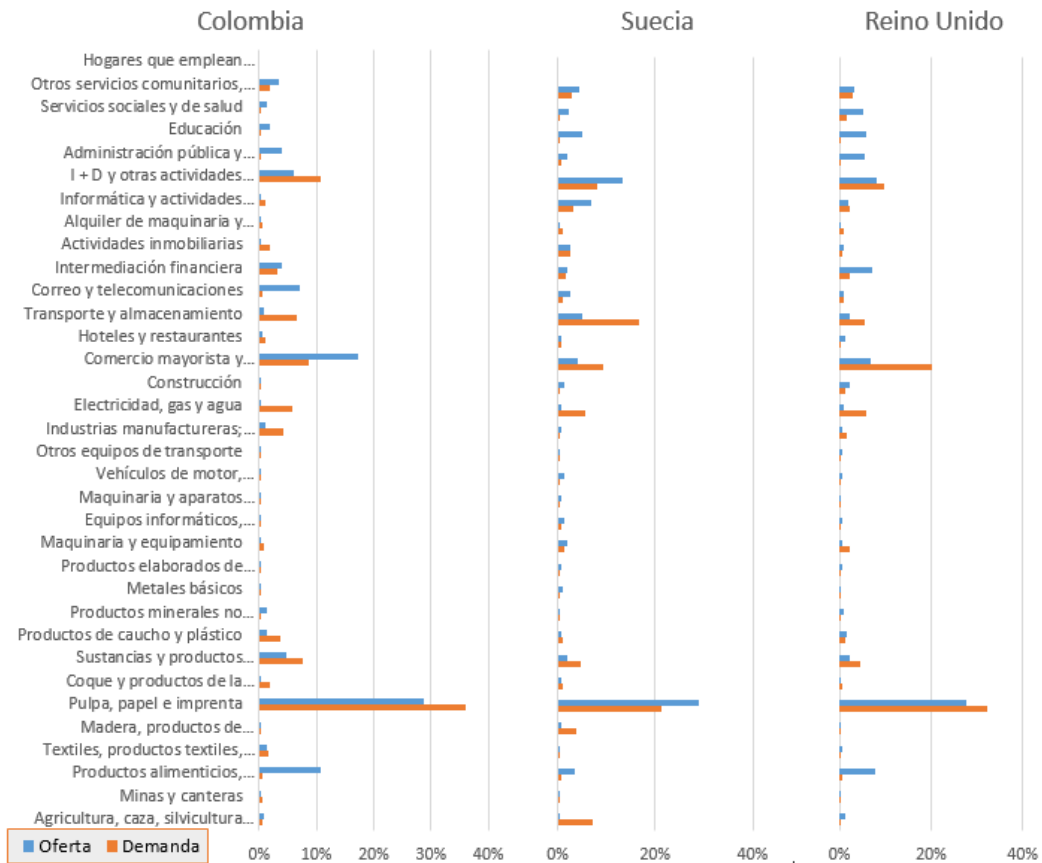
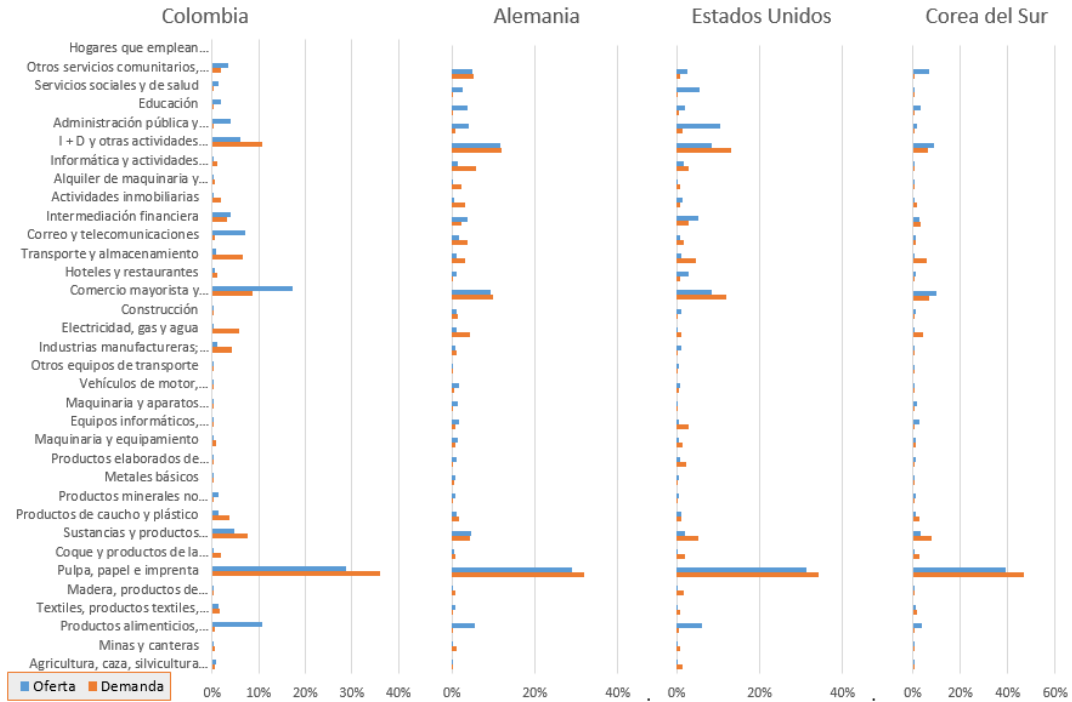
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.4.4 Estructura de la oferta y la demanda

La Figura 41 muestra la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio.

Los países en general son muy similares en su estructura, pero pueden notarse algunas particularidades: en las figuras de Chile, Suecia y Estados Unidos se observa una mayor distribución de la demanda entre los subsectores, mientras que en Colombia y Alemania pareciera distribuirse entre subsectores terciarios (comercio, investigación y desarrollo, etc.).

Este comportamiento podría dar cuenta que el subsector es similarmente diversificado en los países de la muestra, sin variaciones muy significativas, lo que podría deberse a una buena madurez en la cadena de valor del subsector.



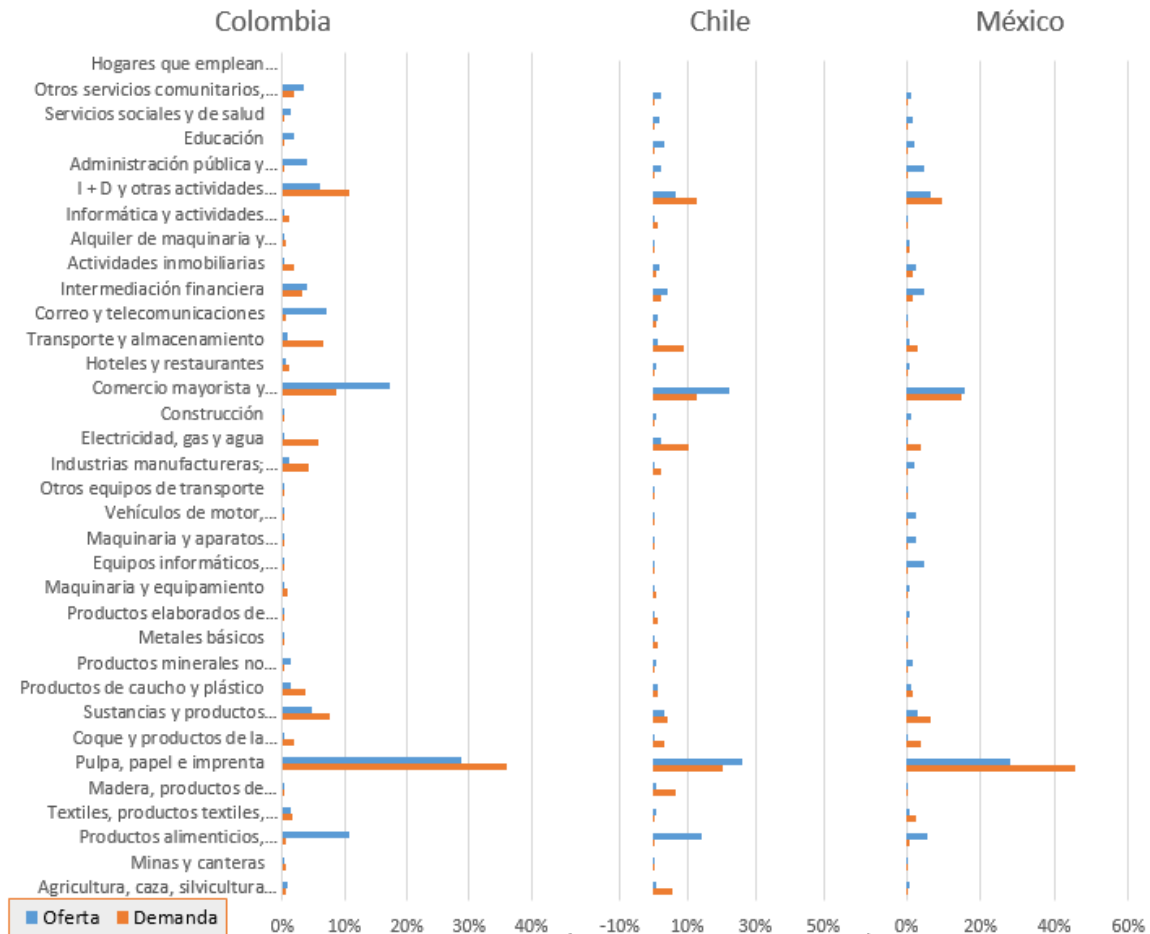


Figura 41 Estructura general oferta y demanda subsector pulpa, papel e impresión

### 7.1.3.5 Subsector Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear

#### 7.1.3.5.1 Participación subsector en el PIB

En la Figura 42 se observa que la mayor participación la tiene Corea del Sur, donde el subsector representa el 5,1 % del PIB. El valor de Colombia es de 2,9 % -similar al de Estados Unidos y México- ; y por otro lado resalta el hecho que Alemania y el Reino Unido tienen los menores valores de esta muestra.

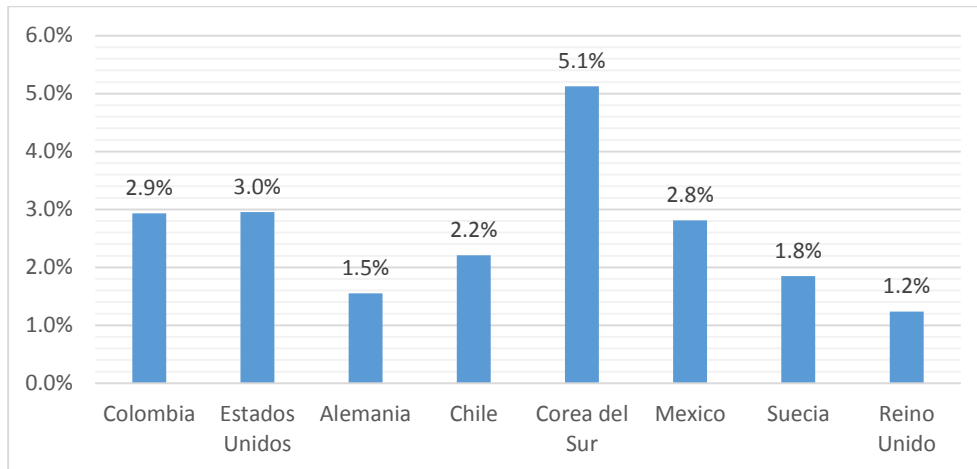


Figura 42. % Participación PIB: Coque, refinación petróleo  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.5.2 Participación del consumo de energéticos

En la Figura 43 y Figura 44 se observa que en este subsector el consumo de electricidad, gas y agua es mínimo, dado que el consumo de energéticos se concentra principalmente en el mismo subsector; aunque este resultado puede estar muy sesgado al hecho del consumo de los productos como insumo y no como energético. No obstante, el resultado también da cuenta de la importancia que tiene el subsector en México, que tiene una participación del consumo intermedio que duplica los valores de los demás países de la muestra (31 % vs Alemania con 14 %); mientras que, en términos monetarios, Estados Unidos, México, y Alemania consumen un valor similar con un promedio de 14.500 Millones US. Adicionalmente cabe resaltar el comportamiento de Corea del Sur, que tiene la mayor participación del subsector en el PIB de la muestra, y es de los países que más demanda coque y productos derivados del petróleo, además de tener la participación más significativa en términos monetarios de electricidad, gas y agua (comportamiento similar al de Alemania y Estados Unidos).

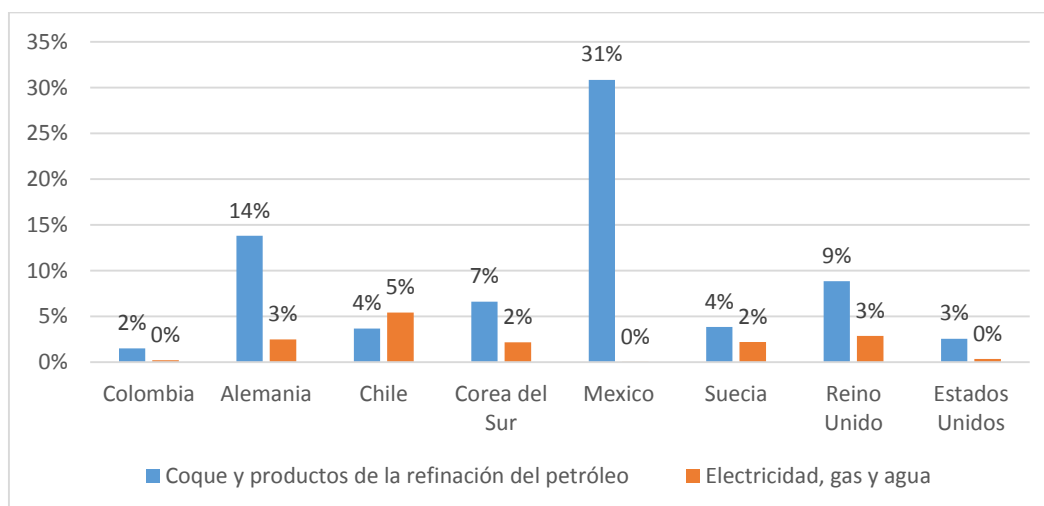


Figura 43. % Participación consumo de energéticos: Coque, refinación petróleo  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

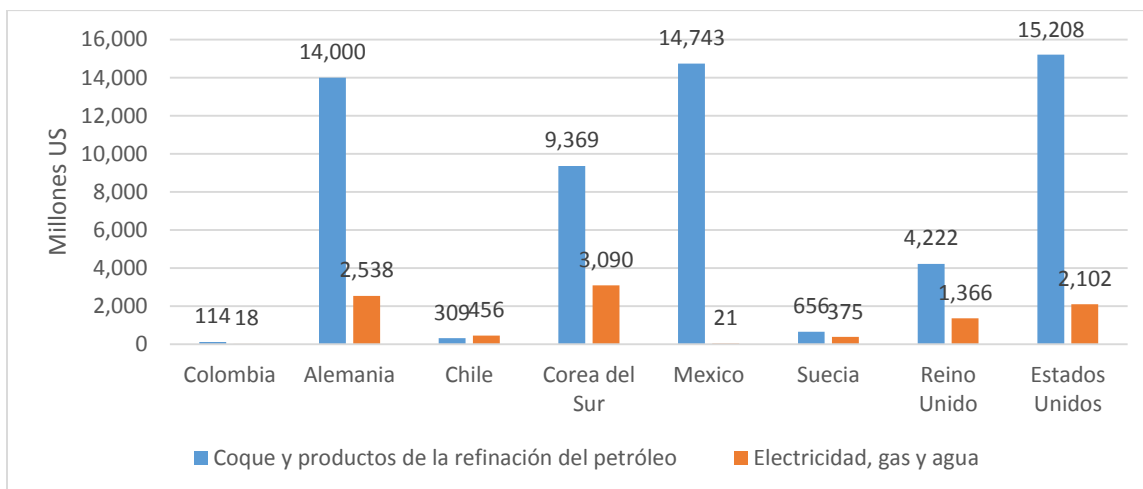


Figura 44. Consumo de energéticos en Millones de dólares: Coque, refinación petróleo  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.5.3 Demanda subsector

Tal como se observa en la Tabla 8, el consumo intermedio del subsector se concentra para todos los países en minas y canteras, con más de la mitad del consumo -a excepción de Alemania que es de 35 %- . La mayor concentración de la demanda en los países mostrados la tiene Colombia con un 82 % del total de la demanda del subsector en minas y canteras, lo que podría significar una baja complejidad en las actividades del subsector.

Otro subsector de consumo importante es el de comercio mayorista y minorista, que es de especial importancia en Alemania y Suecia.

Tabla 8. Consumo intermedio Coque, refinación petróleo

Consumo intermedio subsector coque, refinación petróleo	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	Mexico	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Minas y canteras	82%	35%	66%	63%	53%	56%	70%	74%
Coque y productos de la refinación del petróleo	2%	14%	4%	7%	31%	4%	9%	3%
Sustancias y productos químicos	3%	4%	1%	4%		1%		1%
Metales básicos		2%					3%	
Maquinaria y equipamiento				1%		2%		
Electricidad, gas y agua		3%	5%	2%		2%	3%	
Comercio mayorista y minorista, reparación	9%	19%	14%	12%	11%	18%	9%	16%
Transporte y almacenamiento	2%	7%	4%	3%	2%	4%	2%	2%
Intermediación financiera		1%		1%			2%	
I + D y otras actividades comerciales		6%	3%	2%		2%	1%	1%

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

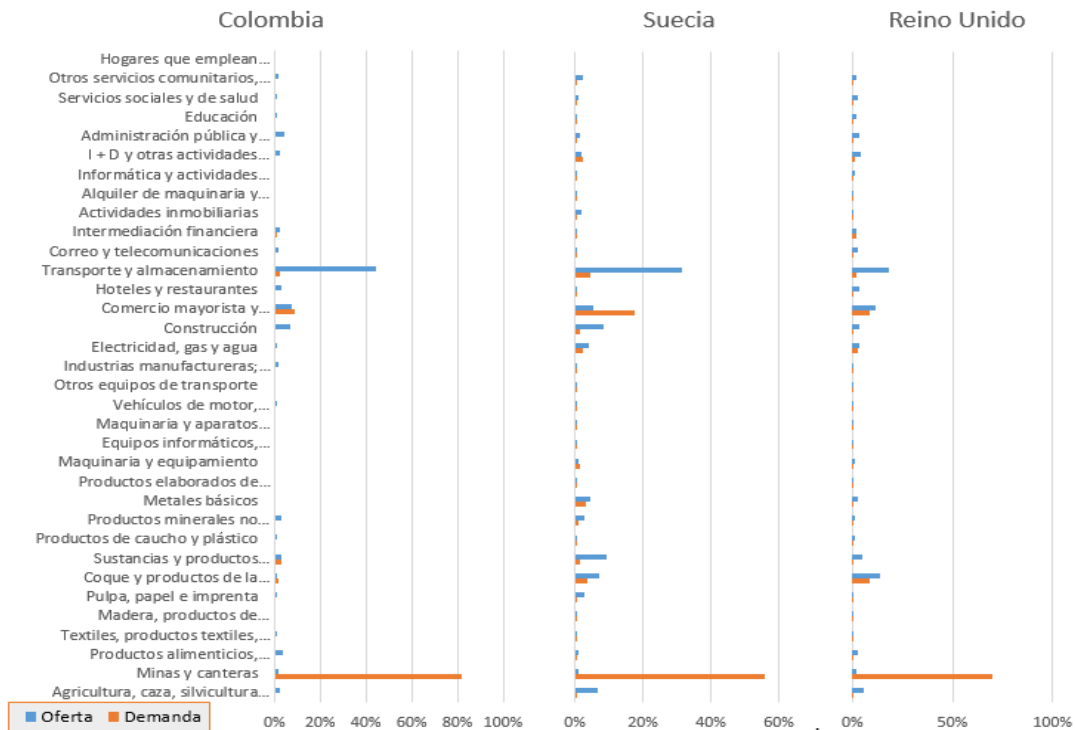
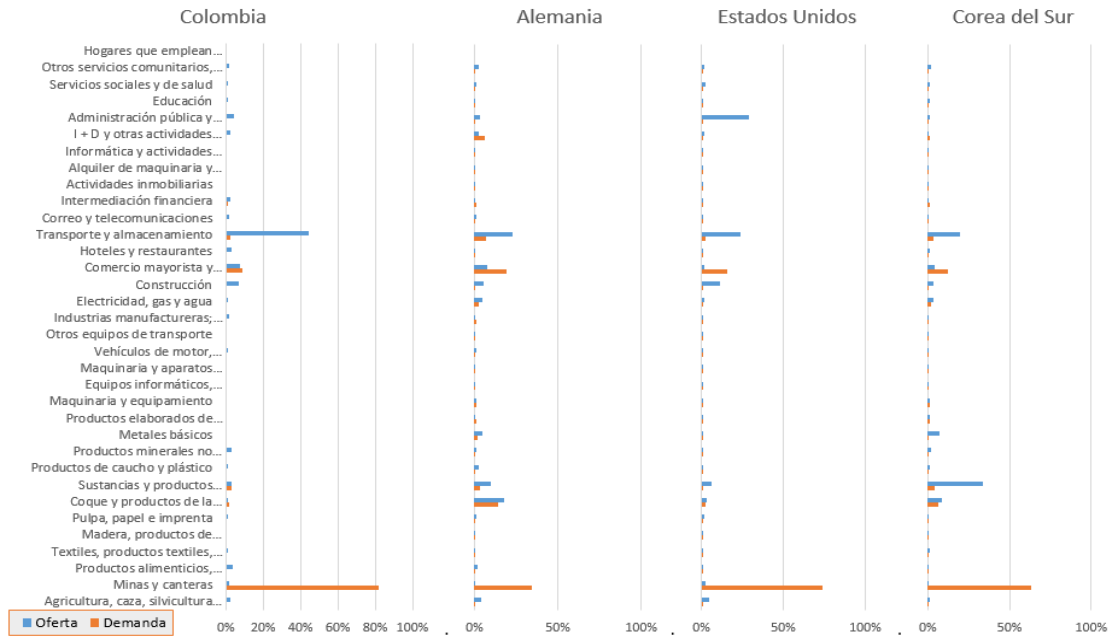
#### 7.1.3.5.4 Estructura de la oferta y la demanda

La Figura 45 muestra la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio.

Se evidencia una gran concentración de la oferta y la demanda del subsector, evidenciado en la poca cantidad de líneas que se alcanza a ver en los diferentes subsectores y los grandes valores en oferta



a “transporte y almacenamiento”, y en demanda, tal como se mencionó arriba, en “minas y canteras”.



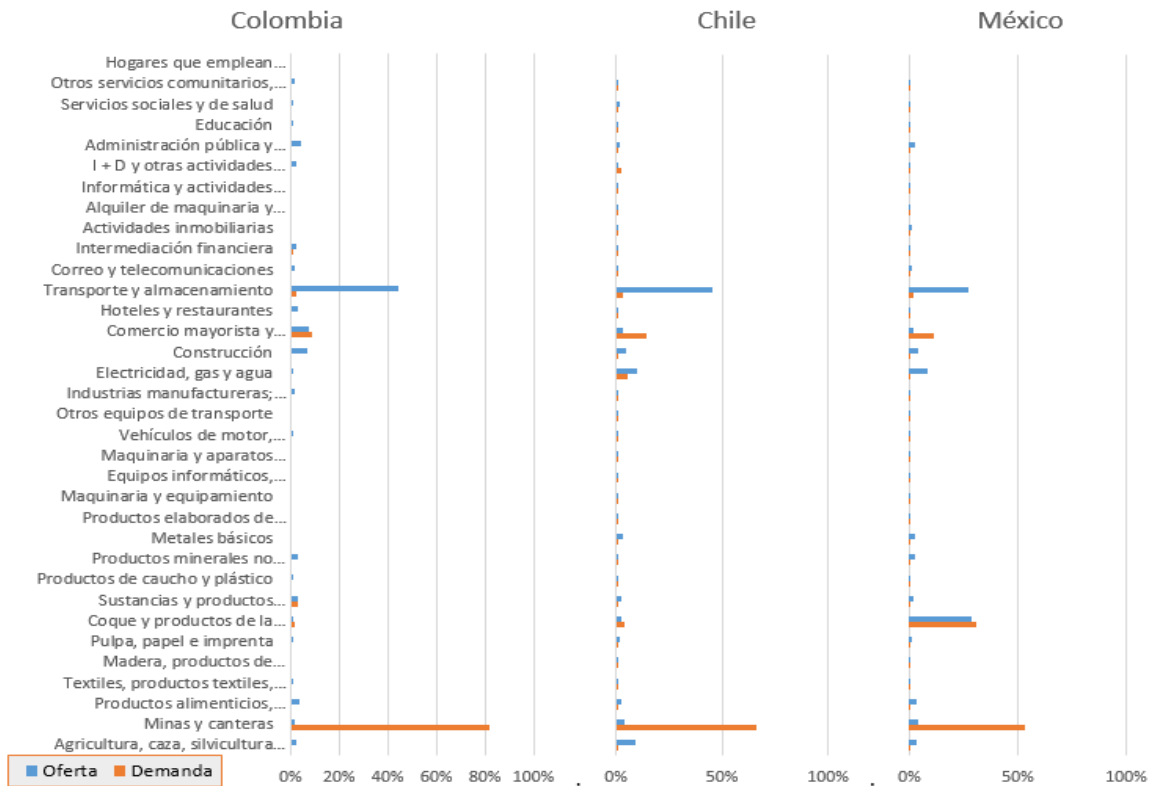


Figura 45 Estructura de la oferta y demanda subsector Coque, productos de la refinación del petróleo

### 7.1.3.6 Subsector Sustancias y productos químicos

#### 7.1.3.6.1 Participación subsector en el PIB

La Figura 46 muestra que en general las participaciones son de alrededor del 3%, con Corea del Sur y Chile como casos especiales: donde el primero tiene la mayor participación con 6%, y el segundo con solo 1.7% de porcentaje del PIB en este subsector.

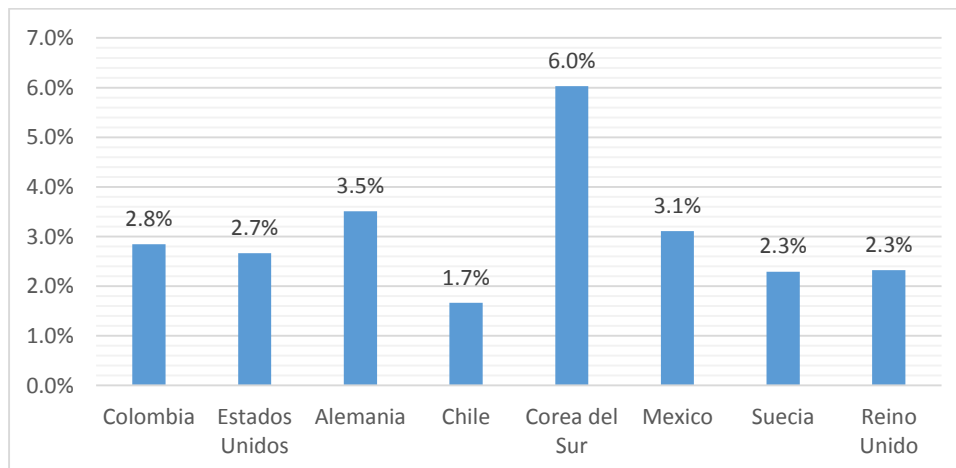


Figura 46. % Participación PIB: Productos químicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.6.2 Participación del consumo de energéticos

En la Figura 47 y Figura 48 se observa la gran diferencia que tiene el consumo de coque y productos de la refinación del petróleo en Corea del Sur, tanto en porcentaje (25%) como en dólares (36.556 Millones US).

El consumo intermedio del subsector de productos químicos en Corea del Sur está representado en un 25% por coque y productos de refinación del petróleo, aunque no quiere decir que sea para consumo energético, dado que también requiere de los productos y subproductos de este subsector como insumos que incorpora en sus procesos de producción.

Así como en otros subsectores de industria, Estados Unidos también se caracteriza por un gran valor en dólares del consumo intermedio de coque y productos de la refinación del petróleo (28.008 Millones US), aunque en la estructura porcentual del subsector no sea tan significativo (6%).

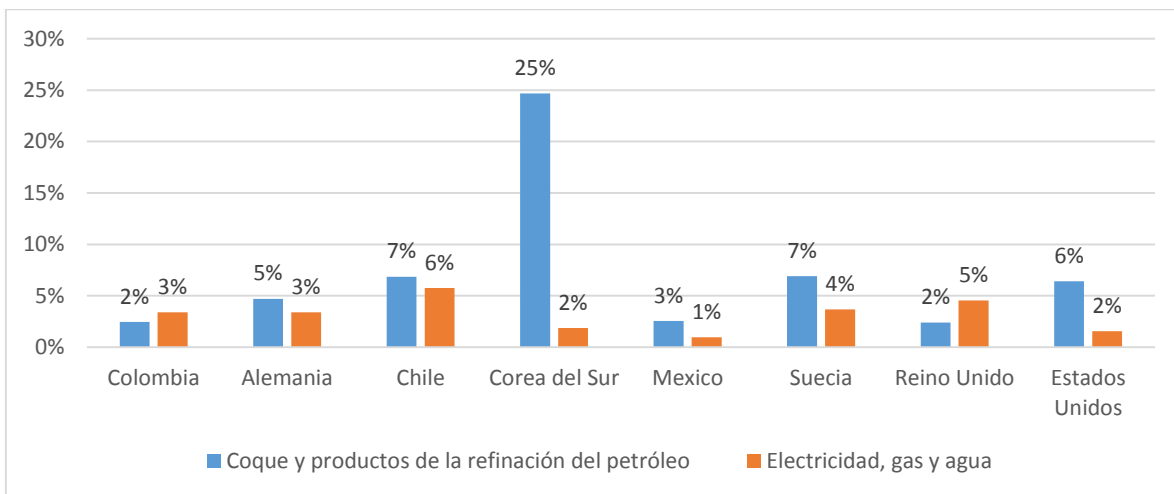


Figura 47. % Participación consumo energéticos: Productos químicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

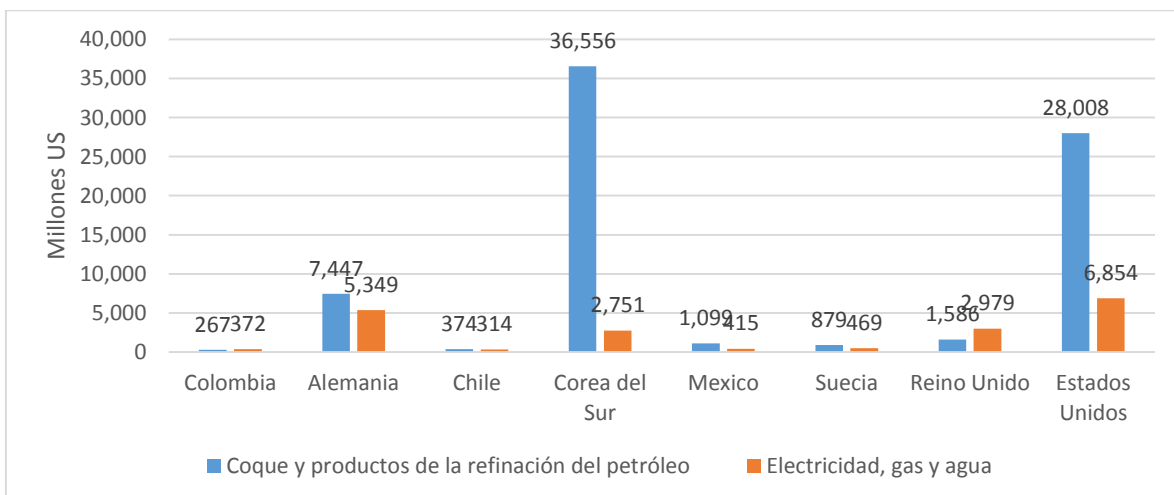


Figura 48. Consumo de energéticos en millones de dólares: Productos químicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.6.3 Demanda subsector

Como se observa en la Tabla 9, la participación del consumo intermedio, además del subsector mismo, tiene valores considerables en comercio, investigación y desarrollo (especialmente Alemania, Chile, Suecia y Estados Unidos), y en menor medida, coque y productos de la refinación del petróleo.

En Chile y México resalta el consumo considerable de minería, a diferencia de los demás países donde está alrededor del 2%.

Tabla 9. Consumo intermedio Productos químicos

Consumo intermedio Químicos	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	Mexico	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Agricultura, caza, silvicultura y pesca								2%
Minas y canteras	2%	2%	12%		32%		2%	4%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	5%	2%	2%			1%		1%
Pulpa, papel e imprenta	3%	3%	3%		1%	2%	2%	2%
Coque y productos de la refinación del petróleo	2%	5%	7%	25%	3%	7%	2%	6%
Sustancias y productos químicos	42%	29%	18%	49%	33%	27%	37%	40%
Productos de caucho y plástico	4%	2%	3%	1%		2%	2%	2%
Metales básicos		2%	3%	1%				
Productos elaborados de metal		2%	1%					2%
Maquinaria y equipamiento			1%					1%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos						1%		1%
Electricidad, gas y agua	3%	3%	6%	2%		4%	5%	2%
Comercio mayorista y minorista, reparación	12%	14%	12%	9%	17%	14%	21%	15%
Transporte y almacenamiento	8%	4%	7%	2%	3%	5%	4%	3%
Correo y telecomunicaciones							2%	
Intermediación financiera	3%	2%	2%	1%			6%	
Actividades inmobiliarias		2%				1%		
Alquiler de maquinaria y equipo						2%		
Informática y actividades conexas		2%	2%			1%	2%	
I + D y otras actividades comerciales	8%	15%	16%	3%	5%	22%	6%	11%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria		1%						1%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	2%	4%						

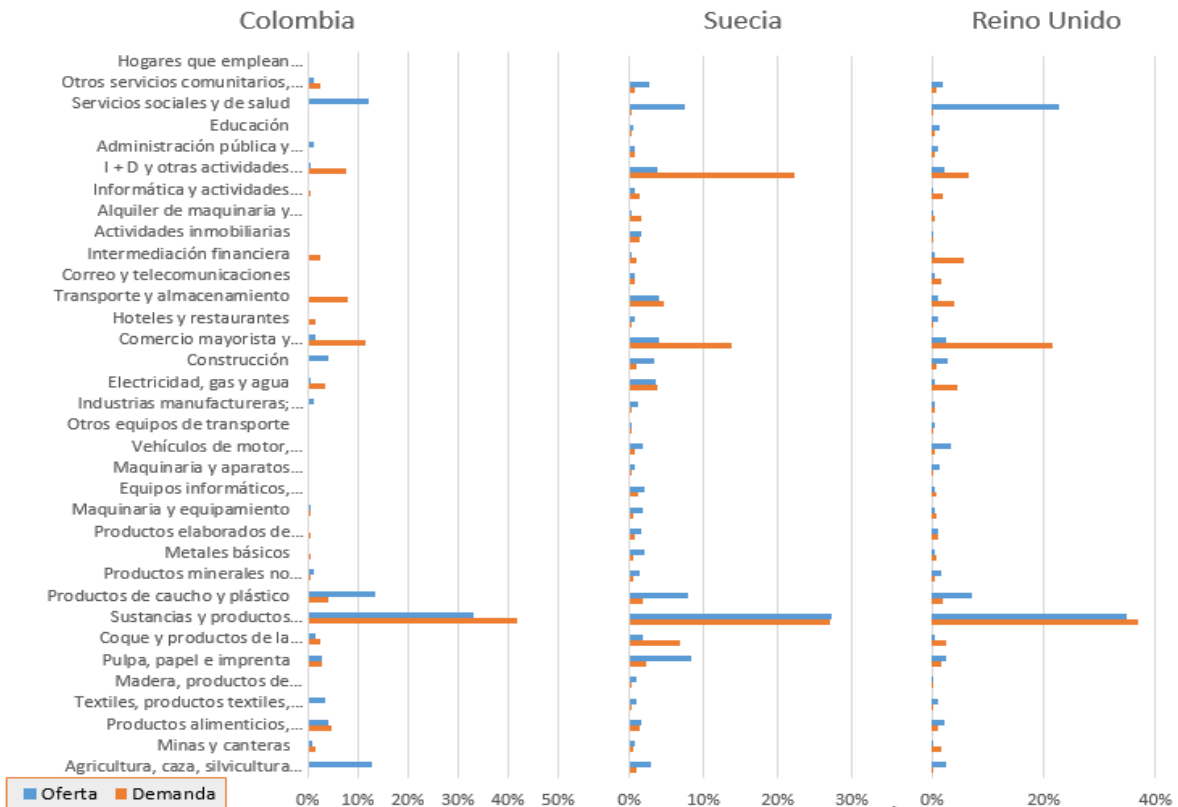
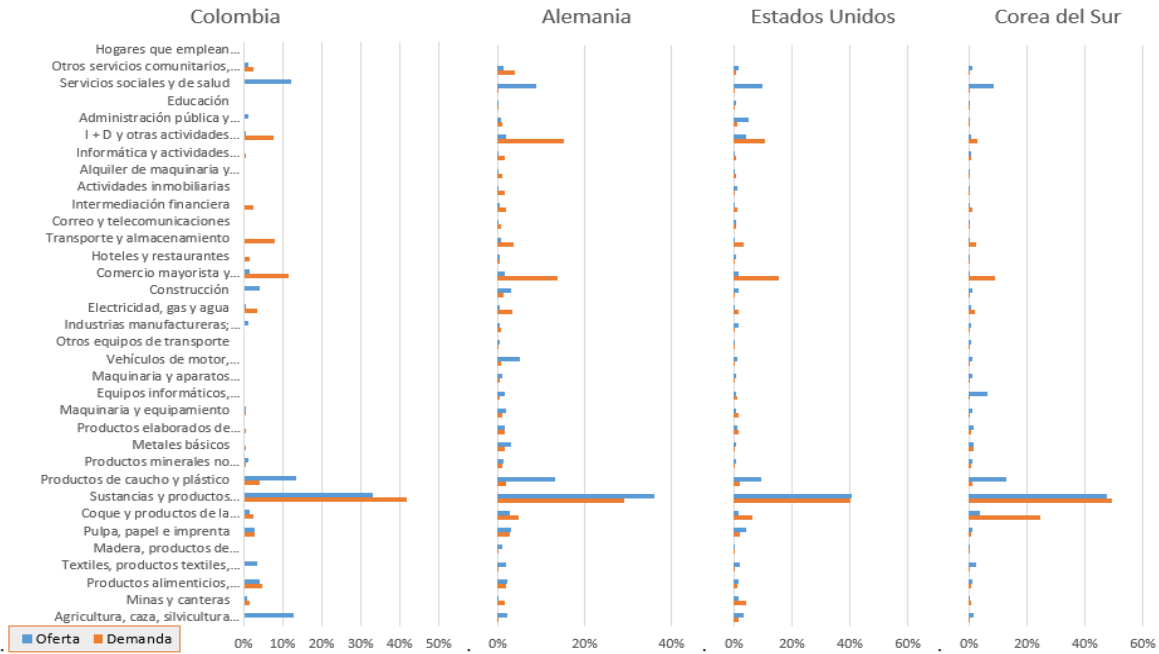
Fuente: [10]

### 7.1.3.6.4 Estructura de la oferta y la demanda

La Figura 49 muestra la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio.

En este subsector se alcanza a observar una buena distribución de la oferta y la demanda entre los diferentes subsectores, especialmente en países como Suecia, Reino Unido y Alemania.

Adicionalmente, puede observarse cierta tendencia a acumularse líneas en los subsectores primarios, especialmente en los países latinoamericanos de la muestra (Colombia, Chile, y México).



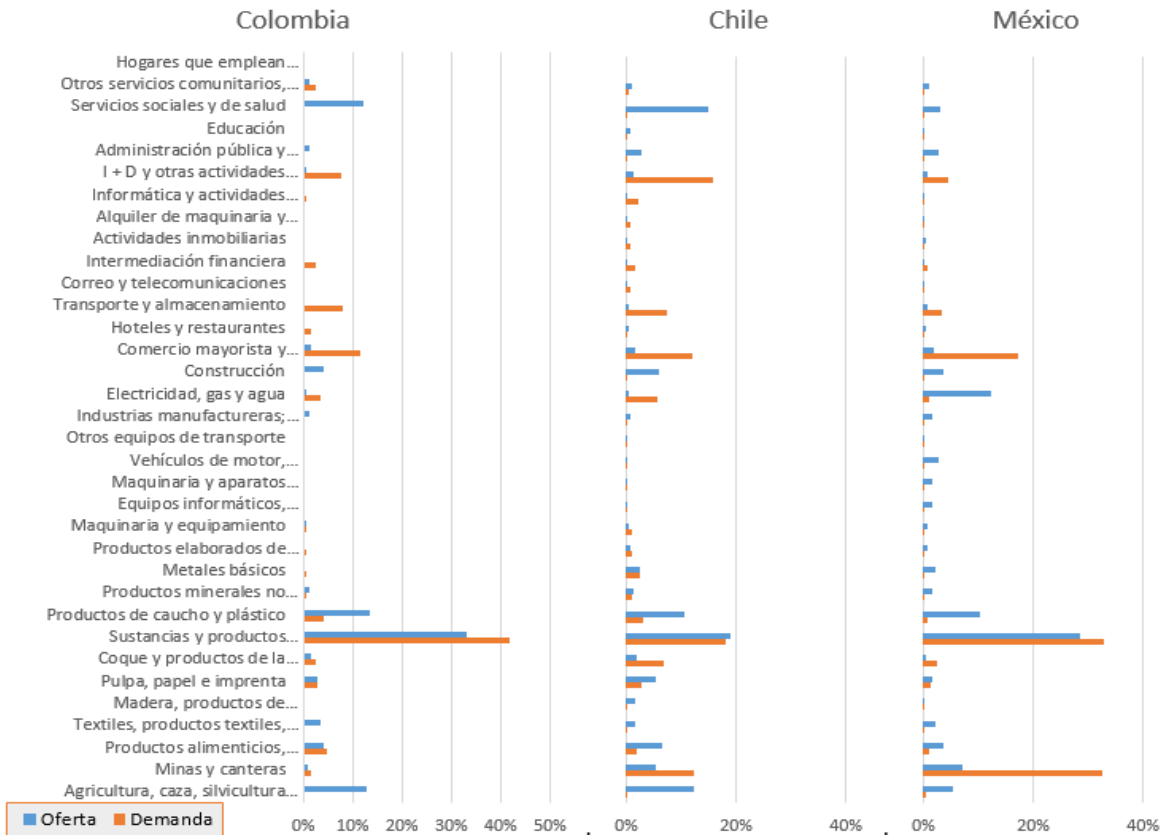


Figura 49 Comparación estructura oferta y demanda subsector productos químicos

### 7.1.3.7 Subsector Productos minerales no metálicos

#### 7.1.3.7.1 Participación subsector en el PIB

Colombia tiene una pequeña diferencia con los demás países de la muestra, aunque la participación de este subsector en el PIB es muy baja en comparación a los demás subsectores como se muestra en la Figura 50.

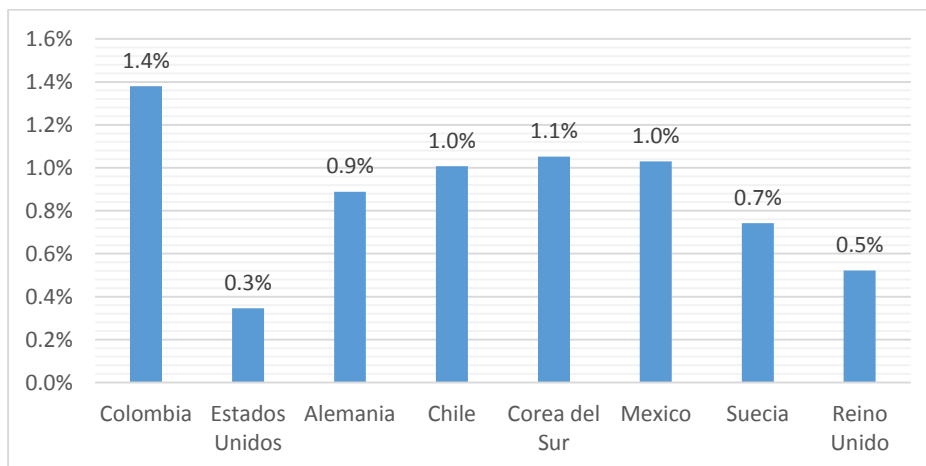


Figura 50. % Participación PIB: Minerales no metálicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.7.2 Participación del consumo de energéticos

En la Figura 51 y Figura 52 se observa que en general en todos los países este subsector tiene un uso intensivo de energéticos, en estructura el porcentaje del consumo de electricidad, gas y agua es más considerable en el Reino Unido (15 %) y en Colombia (10 %), mientras que, para coque y productos de la refinación del petróleo, es más considerable en México (13 %) y en Corea del Sur (10 %).

En cuanto a la participación en dólares, Alemania y Reino Unido son los mayores consumidores de electricidad, gas y agua, el primero con un valor de 2.299 Millones US, y el segundo con 2.419 Millones US. Además, se observa que el mayor consumidor de coque y productos de la refinación del petróleo es Corea del Sur, con un valor de 2.145 Millones US. El hecho de que este subsector tenga valores considerables en el consumo de energéticos puede ser explicado por la necesidad de usos intensivos en fuerza motriz y hornos para la producción de productos como el cemento y los cerámicos.

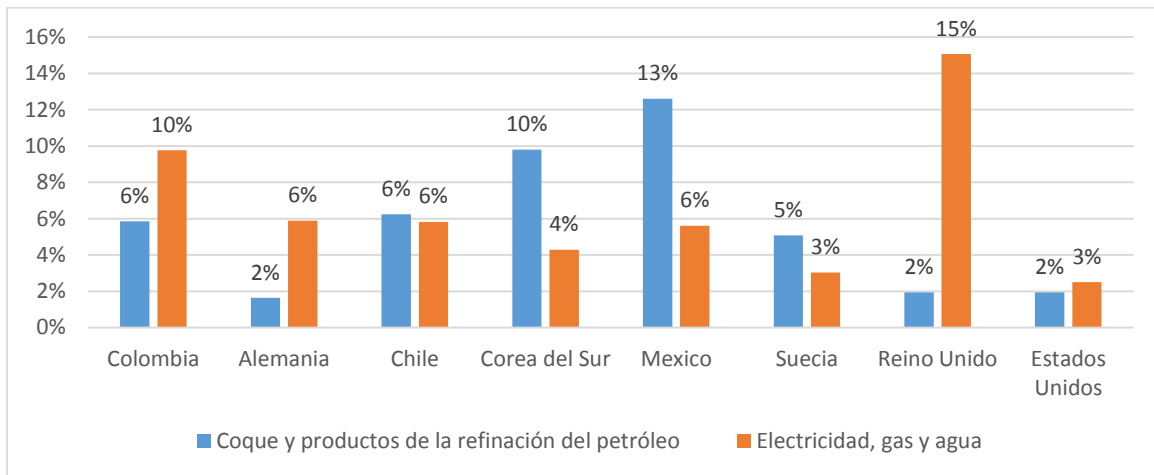


Figura 51. % Participación consumo de energéticos: Minerales no metálicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

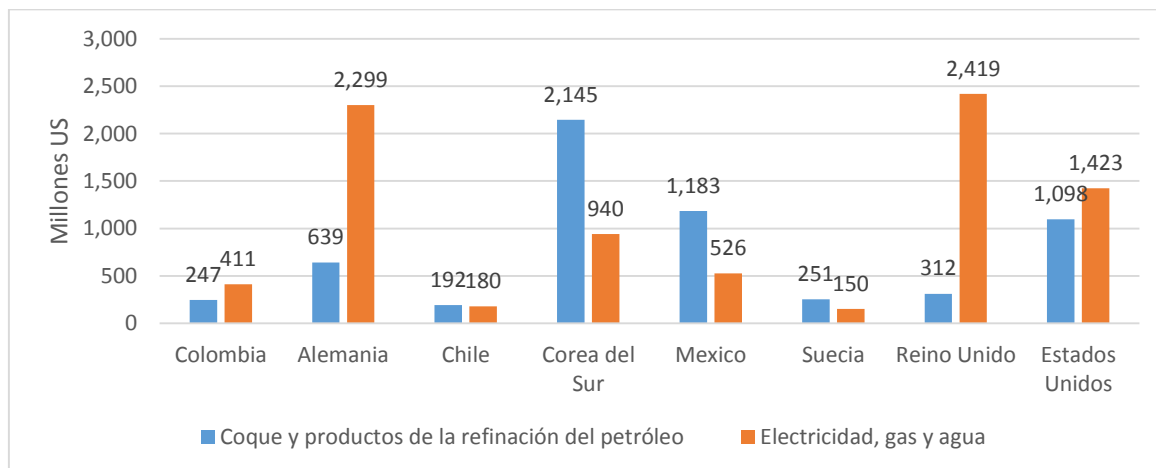


Figura 52. Consumo de energéticos en millones de dólares: Minerales no metálicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.7.3 Demanda subsector

La demanda no es tan consistente entre los países, tal como se puede apreciar en la Tabla 10, considerando que, aunque el consumo del mismo subsector es grande en todos los países, la estructura de participación de los demás subsectores tiene diferentes comportamientos, con consumos de minería, electricidad, gas y agua, comercio, transporte y almacenamiento, e investigación y desarrollo.

Tabla 10. Consumo intermedio Minerales no metálicos

Consumo intermedio Minerales no metálicos	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	México	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Minas y canteras	23%	7%	19%	8%	25%	5%	9%	18%
Pulpa, papel e imprenta	2%	2%		1%	4%	2%	3%	3%
Coque y productos de la refinación del petróleo	6%	2%	6%	10%	13%	5%	2%	2%
Sustancias y productos químicos	5%	4%	2%	6%	8%	3%	7%	6%
Productos de caucho y plástico		1%		2%		2%	1%	2%
Productos minerales no metálicos	19%	20%	23%	25%	11%	17%	14%	15%
Metales básicos			2%	3%	1%	3%	2%	2%
Productos elaborados de metal		1%	1%	2%		3%	3%	4%
Maquinaria y equipamiento	2%	1%	1%	2%		2%	2%	
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos								2%
Industrias manufactureras; reciclaje		1%				2%		
Electricidad, gas y agua	10%	6%	6%	4%	6%	3%	15%	3%
Construcción		2%				1%	1%	
Comercio mayorista y minorista, reparación	8%	12%	13%	8%	14%	13%	13%	14%
Transporte y almacenamiento	11%	9%	8%	16%	3%	22%	10%	8%
Correo y telecomunicaciones							1%	
Intermediación financiera	3%	2%	2%	2%	2%		5%	3%
Actividades inmobiliarias		3%				2%		
Alquiler de maquinaria y equipo		2%					2%	
Informática y actividades conexas		1%						1%
I + D y otras actividades comerciales	7%	14%	9%	3%	8%	7%	3%	10%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria		1%						1%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales		3%				1%		

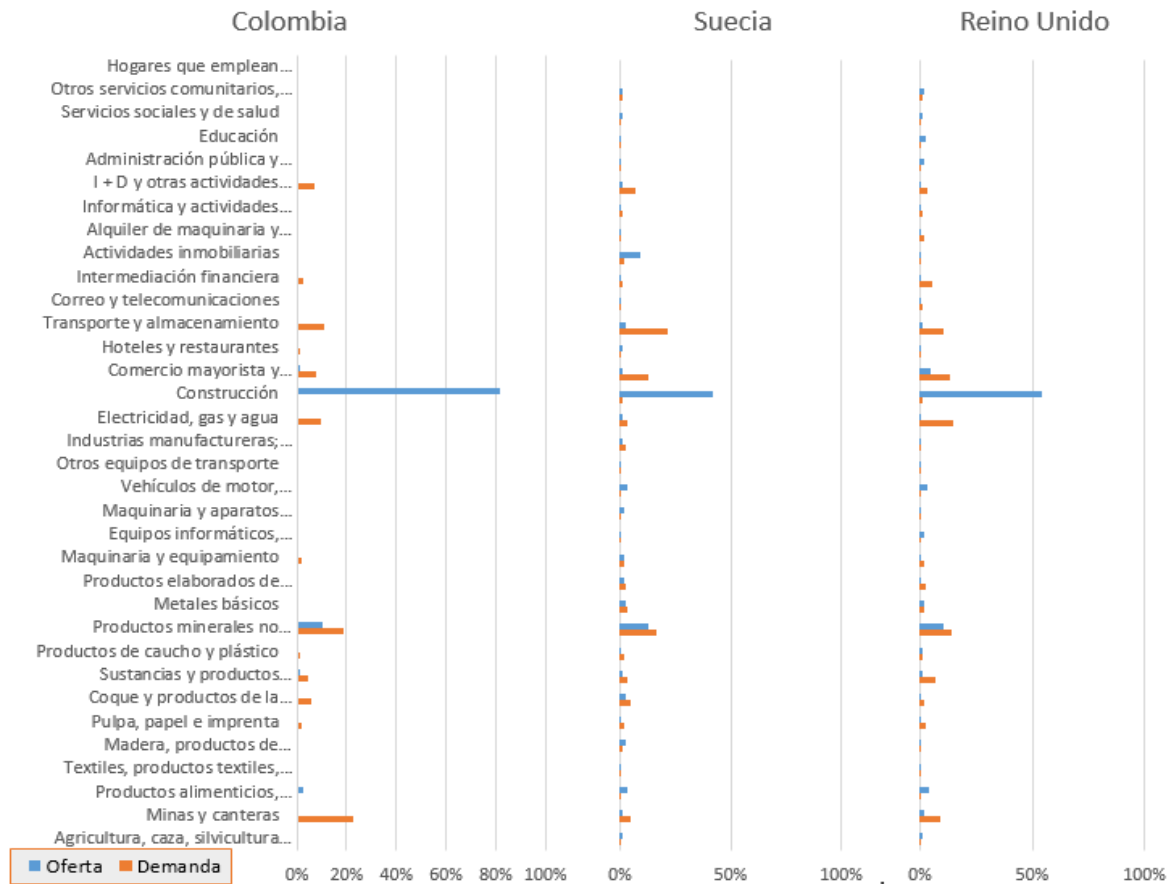
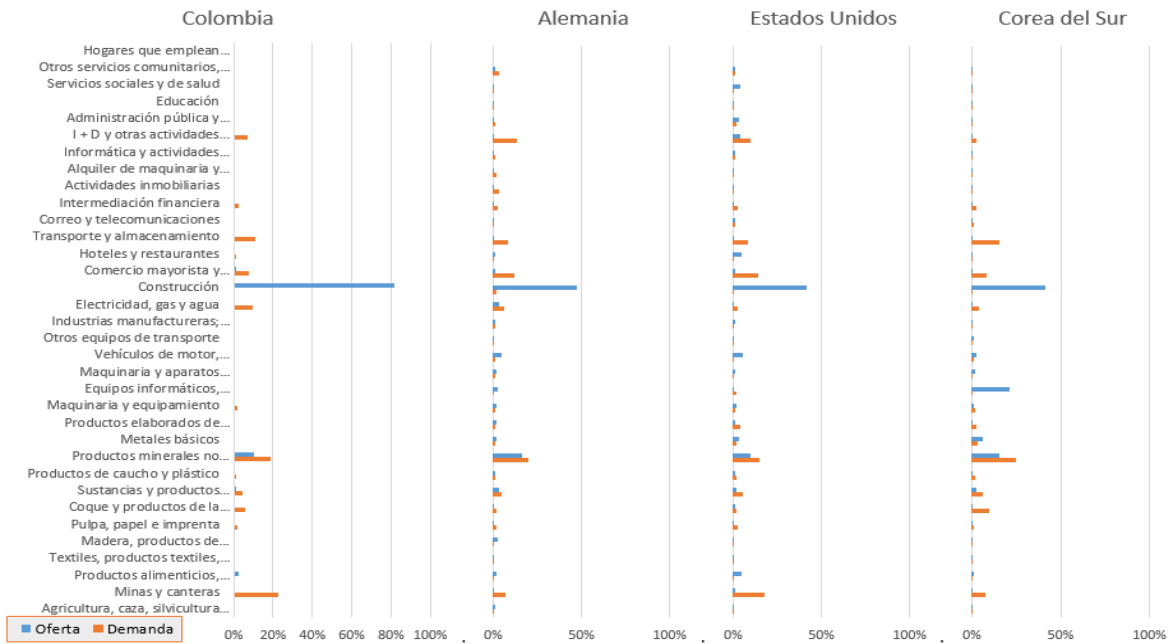
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.7.4 Estructura de la oferta y la demanda

La Figura 53 muestra la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio. La baja concentración de la demanda y los bajos porcentajes (los valores no superan el 25 %) podrían dar muestra de una buena diversificación y gran complejidad en los procesos productivos de este subsector, especialmente en Alemania, Reino Unido, y Estados Unidos, que se podrían considerar como las estructuras más maduras y más diversificadas de la muestra.

En cuanto a la oferta, en los países hay una clara concentración del subsector de minerales no metálicos hacia el subsector de la construcción, comportamiento que es mucho más evidente en Colombia y demás países latinoamericanos de la muestra (Chile y México).





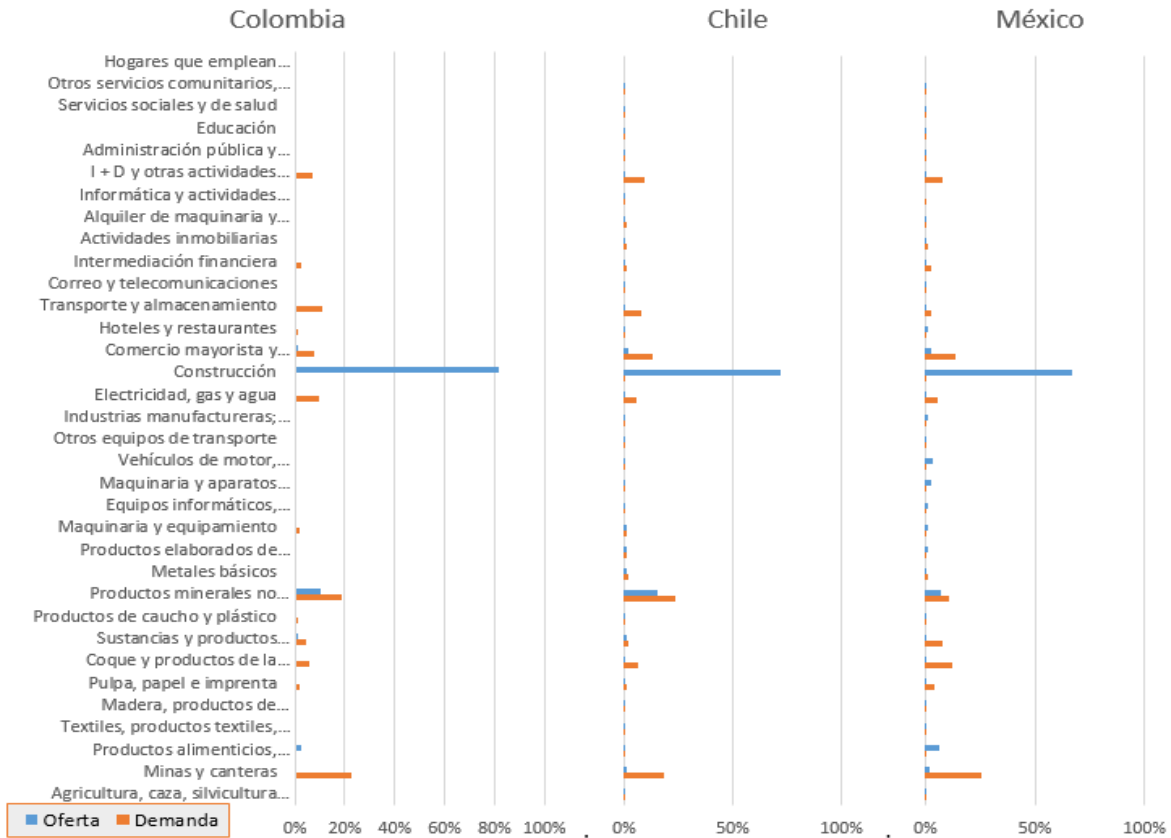


Figura 53 Comparación de la estructura oferta y demanda subsector productos minerales no metálicos

### 7.1.3.8 Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo)

#### 7.1.3.8.1 Participación subsector en el PIB

En cuanto a metalúrgicos básicos, la Figura 54 muestra que Chile y Corea del Sur tienen una participación mucho mayor que los demás países de la muestra, con casi una décima parte del total del PIB concentrado en este subsector.

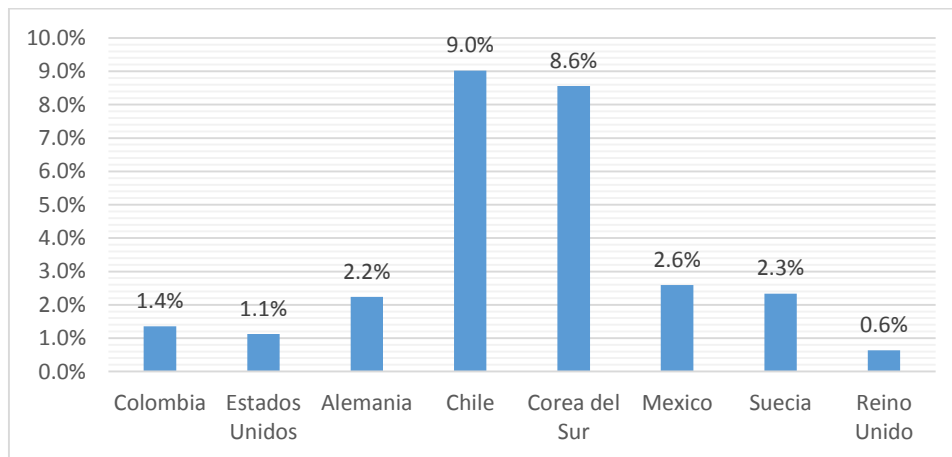


Figura 54. % Participación PIB: Metales básicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

### 7.1.3.8.2 Participación del consumo de energéticos

En la Figura 55 y Figura 56 se muestra que el consumo de energéticos en este subsector es relativamente homogéneo en los países de la muestra, la participación porcentual para el coque y productos de la refinación del petróleo es de alrededor del 3,5 %, mientras que para electricidad, gas y agua es de alrededor de 4 %.

En cuanto al consumo en dólares, el mayor consumidor de energéticos es Corea del Sur, seguido de Alemania, y Estados Unidos.

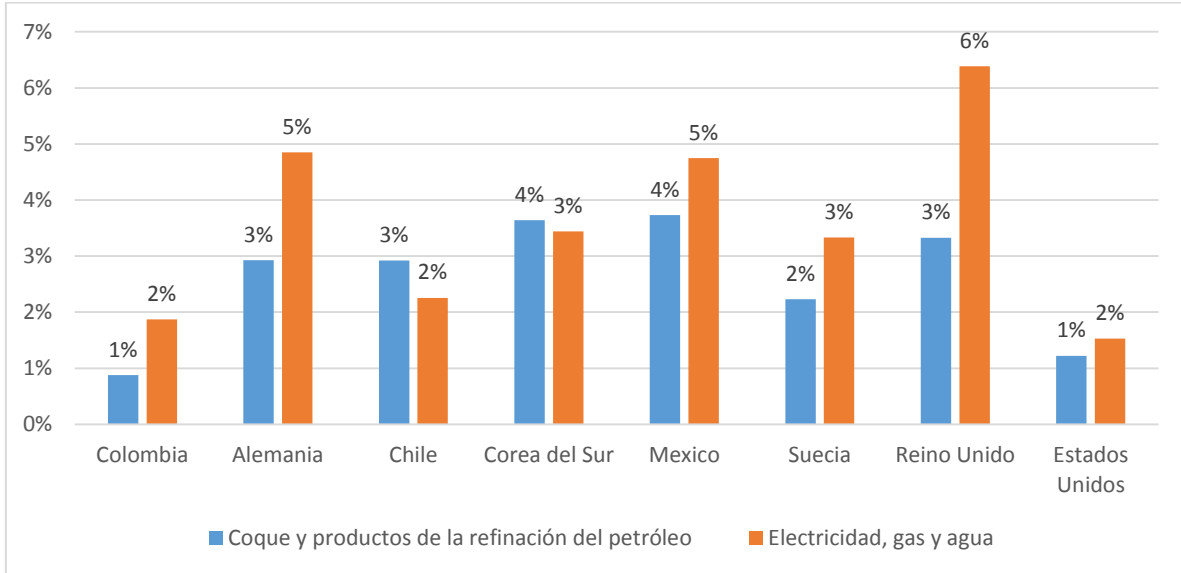


Figura 55. % Participación del consumo de energéticos: Metales básicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

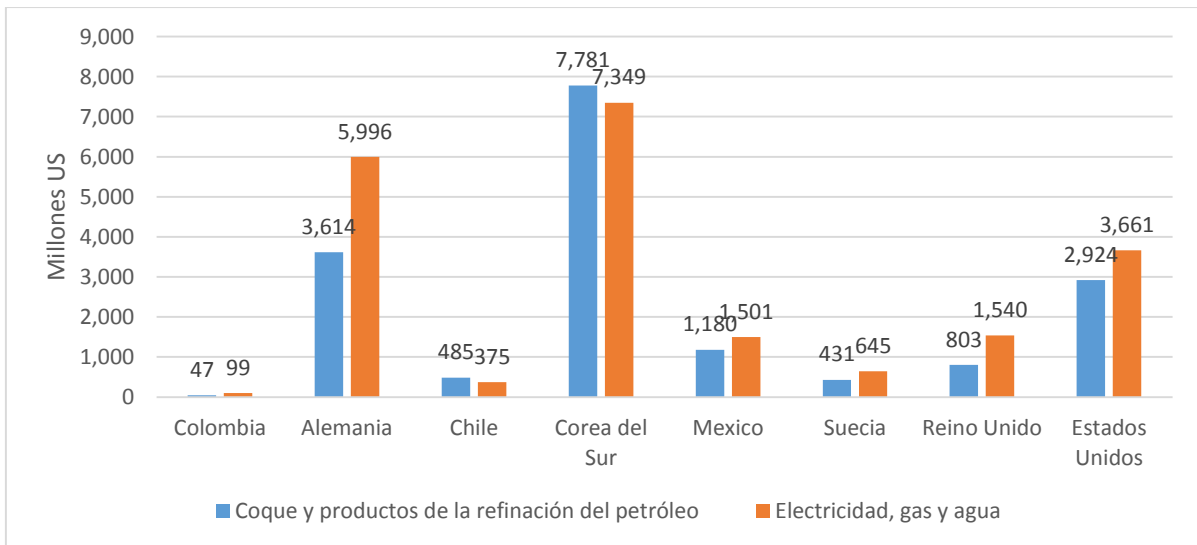


Figura 56. Consumo de energéticos en millones de dólares: Metales básicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.8.3 Demanda subsector

En la Tabla 11 se observa que la demanda del subsector para los países latinoamericanos es muy similar, lo mismo entre los demás países. Los primeros tienen una participación del consumo intermedio principalmente de minería, el mismo subsector, y en menor medida, comercio. Los demás tienen una estructura donde el principal consumo está en el mismo subsector, y la participación restante se distribuye con cierta uniformidad, con participaciones considerables de comercio.

Tabla 11. Consumo intermedio Metales básicos

Consumo intermedio metalúrgicos básicos	Colombia	Alemania	Chile	Corea del Sur	México	Suecia	Reino Unido	Estados Unidos
Minas y canteras	53%	7%	40%	7%	41%	12%	7%	15%
Coque y productos de la refinación del petróleo		3%	3%	4%	4%	2%	3%	1%
Sustancias y productos químicos		3%		1%	3%	1%	2%	
Productos minerales no metálicos							2%	1%
Metales básicos	18%	44%	23%	69%	23%	35%	38%	44%
Productos elaborados de metal		3%			2%	3%	2%	3%
Maquinaria y equipamiento		1%				2%	4%	1%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos							1%	1%
Industrias manufactureras; reciclaje	4%	2%	6%					3%
Electricidad, gas y agua	2%	5%	2%	3%	5%	3%	6%	2%
Comercio mayorista y minorista, reparación	9%	9%	15%	5%	12%	11%	15%	11%
Transporte y almacenamiento	4%	4%	3%	2%	3%	4%	3%	5%
Intermediación financiera	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%
Informática y actividades conexas						1%	1%	
I + D y otras actividades comerciales	4%	5%	2%	2%	2%	3%	2%	4%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales		4%				14%	5%	

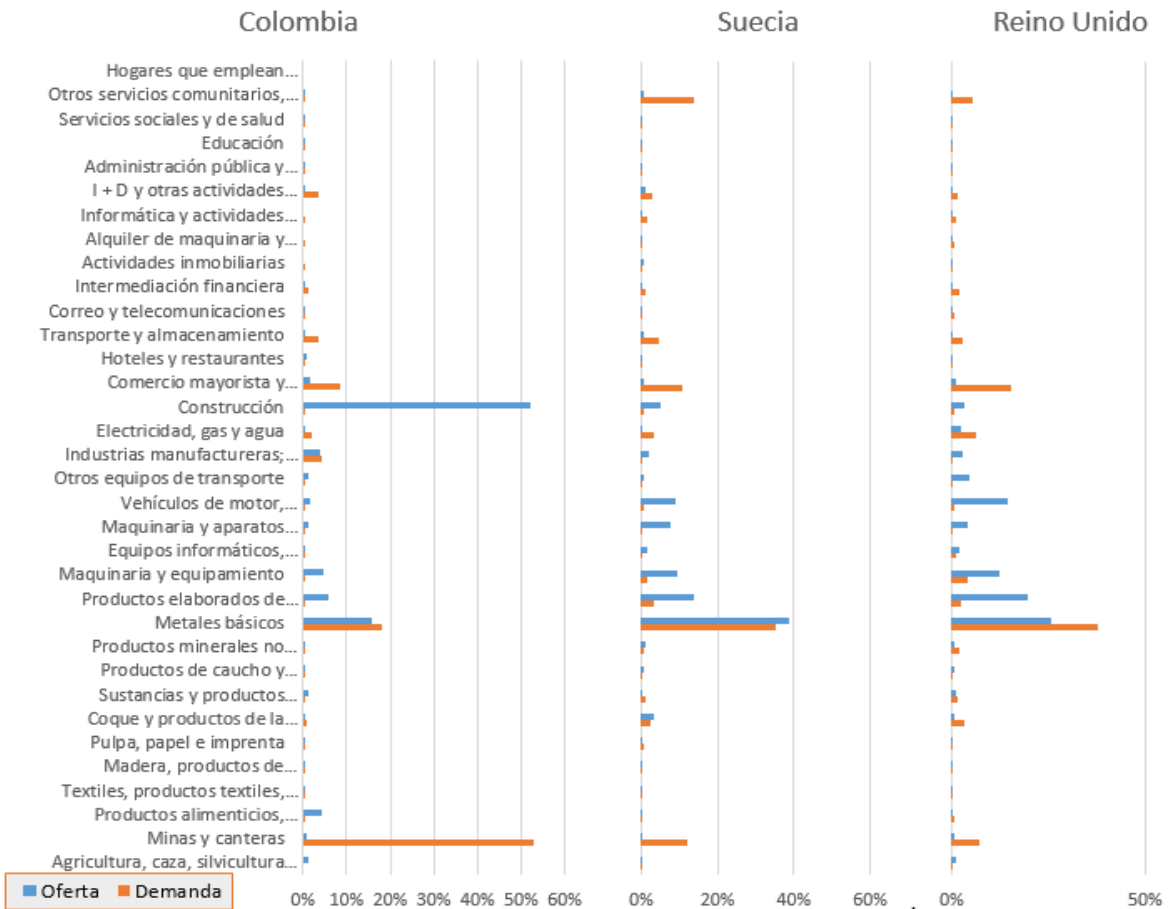
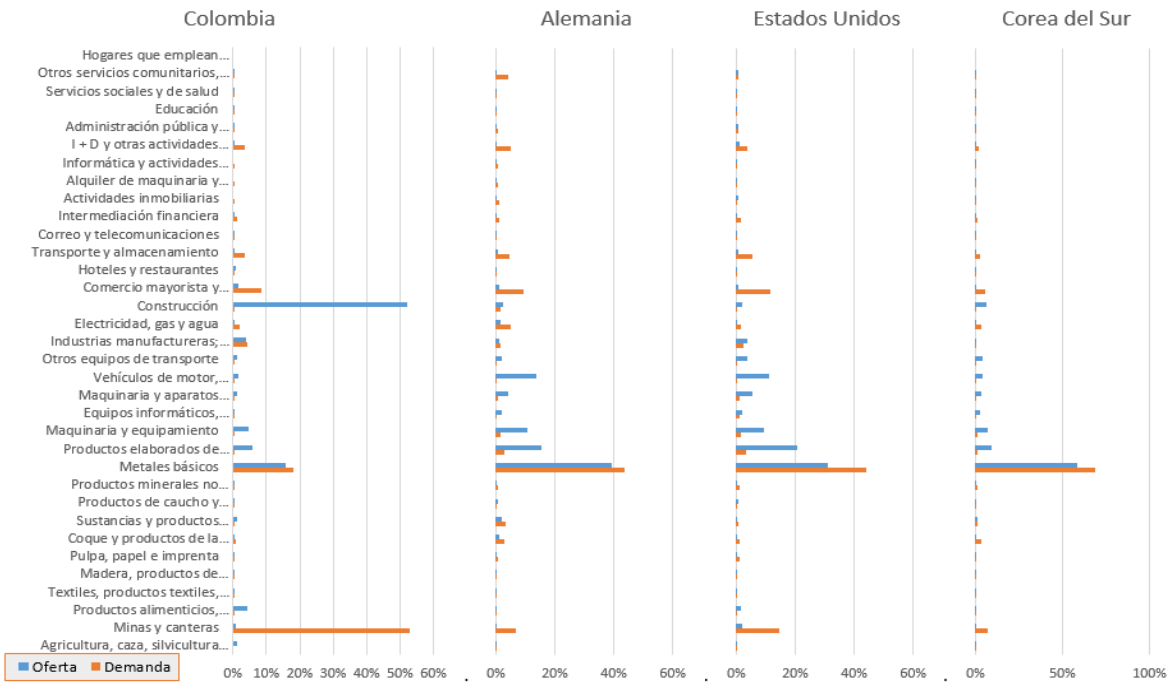
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la OCDE (2011) [10]

#### 7.1.3.8.4 Estructura de la oferta y la demanda

La Figura 57 muestra la estructura completa de la oferta del subsector a los demás, y así mismo para el consumo intermedio.

Tal como se había concluido arriba, la estructura de los países latinoamericanos es muy similar, con una demanda muy centrada en el subsector de minas y canteras, lo que podría indicar una baja complejidad del sector en estos países, además de poca diversificación.

Los demás países muestran una concentración en la oferta y la demanda alrededor de los productos metalúrgicos básicos y los subsectores relacionados con maquinaria y equipo, lo que podría demostrar, al menos en comparación a la muestra latinoamericana, que son menos incipientes y más maduros en este subsector.



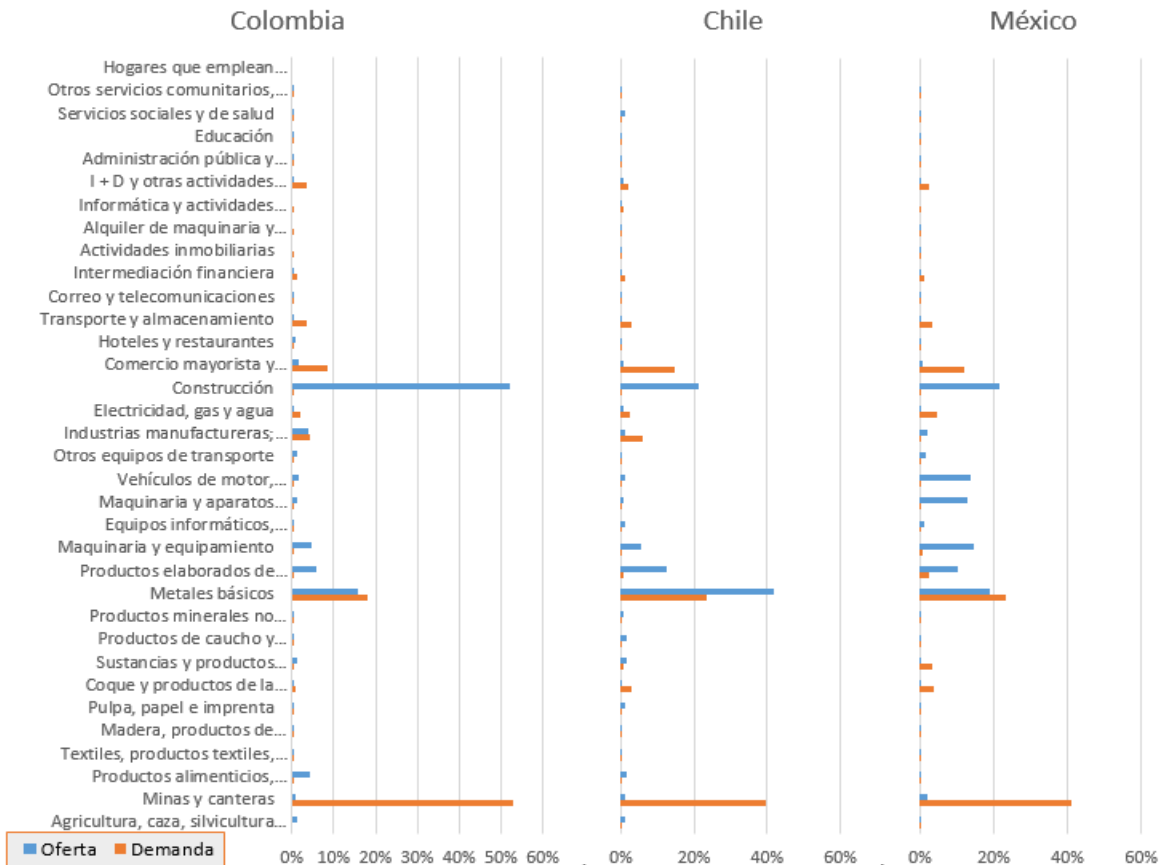


Figura 57 Estructura oferta y demanda subsector Metales básicos

#### 7.1.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector industria

##### 7.1.4.1 Contexto general

En esta sección se presenta una descripción cualitativa y cuantitativa de la cadena de valor de los subsectores elegidos de industria:

- Alimentos, bebidas, y tabaco
- Metalúrgicos básicos
- Productos minerales no metálicos
- Papel e imprenta
- Productos químicos
- Coquización y productos derivados del petróleo)

De acuerdo a los datos reportados en el Balance energético colombiano (BECO) del 2014 [11], el consumo energético de la agregación de los anteriores subsectores está distribuido principalmente entre gas natural con 83 PJ -que corresponden al 28,5 %-, carbón mineral con 80.9 PJ -que corresponden al 27,8 %-, bagazo con 57,9 PJ -que corresponden al 1,9 %-, y energía eléctrica con 46 PJ -que corresponden al 15,9 %-. La mayor concentración de esos consumos se encuentra en los

sectores de Alimentos y de productos minerales no metálicos, ambos representando alrededor del 62 % del total de consumo.

Por otro lado, en los datos de la matriz de utilización del DANE [12] se encuentra que el gasto en energía eléctrica en 2014 fue de 3.335 Miles de Millones de COP, mientras que para gas domiciliario el gasto fue de 1.077 Miles de Millones de COP. Vale aclarar que los demás energéticos en las cuentas nacionales no representan únicamente consumo energético, un ejemplo de ello es el gasto en petróleo crudo, gas natural, y productos de la refinación del petróleo, los cuales tienen una gran representación del consumo propio como insumo para sus diferentes productos.

En cuanto a los usos finales de los energéticos, en el informe de la Encuesta Anual Manufacturera del año 2014 presentado por la UPME [13] se encuentran las participaciones porcentuales de los usos finales, y al multiplicarlas con los datos del BECO resultan distribuidos tal como se presenta en la figura a continuación:

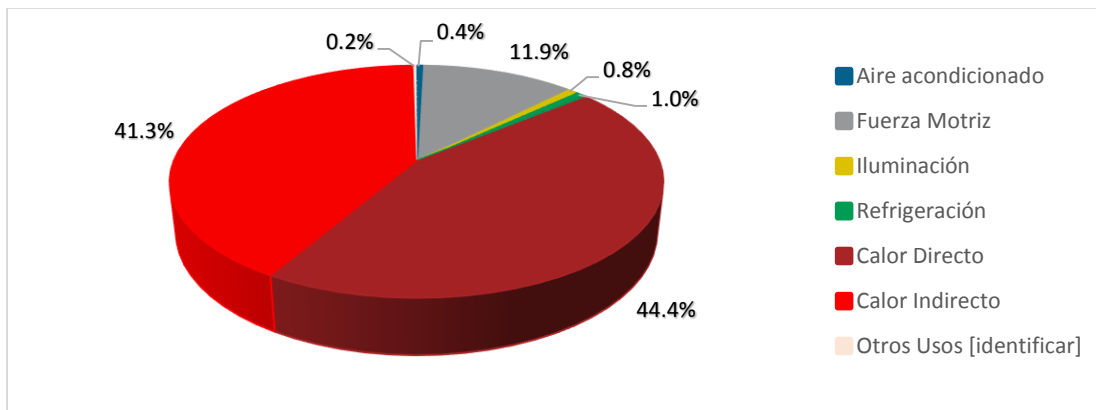


Figura 58. Usos finales energéticos agregación industria, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

En la Figura 58 se evidencia que, del total de aplicaciones finales, la gran mayoría (85,6 %) son para generación de calor, la cual se puede desagregar en calor directo e indirecto: El primero se refiere a la transferencia de calor cuando las llamas o gases entran en contacto directo con los materiales del proceso, y le corresponden 129 PJ con 44,4 % de participación. El segundo (calor indirecto) es la transferencia de calor donde se evita que las llamas o gases de la combustión entren en contacto con los materiales del proceso, para lo cual se utilizan elementos que transfieren el calor por radiación, y a este último corresponden 120 PJ con 4,3 % de participación. Este resultado es consistente con el extenso uso de calderas y hornos en los procesos de cocción y secado de los subsectores de industria, especialmente los utilizados en la producción de alimentos y productos como cemento y cerámica (minerales no metálicos).

Además de la generación de calor, la otra aplicación con valores significativos es la fuerza motriz con 34,7 PJ que corresponden a 11,9 % de participación. Según un estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], esta fuerza motriz es principalmente usada en motores eléctricos para movimiento mecánico, compresores, bombas y ventiladores.

En la Tabla 12, se muestran los energéticos utilizados en 2014 para las diferentes aplicaciones: el aire acondicionado utiliza únicamente energía eléctrica para el consumo de 1.2 PJ, de igual manera la fuerza motriz utiliza electricidad para el consumo de 34,8 PJ, la iluminación consume 2,2 PJ de energía eléctrica, y la refrigeración 2.8 PJ. El calor directo consume partes similares de combustibles sólidos (principalmente Bagazo) -que representan el 49,7 %-, y gas natural -que representa el 41,5 %-, con pequeños porcentajes de electricidad (3,4 %) y demás elementos para energía térmica (5,4 %), siendo de este último grupo los más considerables el gas licuado de petróleo y el Diésel Oil. En cuanto al calor indirecto, consume principalmente combustibles sólidos con una participación del 72,8 %, seguido de gas natural con 24,5 % y demás energía térmica con 2,6 %. Finalmente, los otros usos que no se han identificado o clasificado aún, están compuestos en un 95,3 % de energía eléctrica.

Tabla 12. Participación y uso de energéticos por uso final Industria

Uso final de la energía	Energía Eléctrica (EE, AUT COG)		Combustibles sólidos (BZ, CM, CQ)		Gas Natural		Demás Energía térmica	
	Porcentaje uso %	Consumo (PJ)	Porcentaje uso %	Consumo (PJ)	Porcentaje uso %	Consumo (PJ)	Porcentaje uso %	Consumo (PJ)
Aire acondicionado	100,0%	1,2	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Fuerza Motriz	100,0%	34,8	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Iluminación	100,0%	2,2	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Refrigeración	100,0%	2,8	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Calor Directo	3,4%	4,4	49,7%	64,1	41,5%	53,6	5,4%	6,9
Calor Indirecto	0,1%	0,1	72,8%	87,5	24,5%	29,4	2,6%	3,2
Otros Usos	95,3%	0,7	4,2%	0,0	0,4%	0,0	0,1%	0,0
Total		46,2		151,7		83,0		10,1

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

#### 7.1.4.2 Subsector alimentos, bebidas y tabaco

Dada la gran diversidad de actividades en este subsector, para el presente análisis se separó la cadena de valor en tres partes:

- Alimentos, que a su vez se subdivide 6 elementos: Molinería y almidones, azúcar y chocolate, carne, lácteos, café, grasas y aceites.
- Bebidas, que se subdivide en bebidas alcohólicas y no alcohólicas.
- Tabaco.

La anterior clasificación fue hecha teniendo como criterio la información disponible de consumos y usos energéticos en la matriz BECO [11] y la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) [13] proporcionadas por la UPME, que fueron la base de cálculo para los energéticos de entrada y las aplicaciones mostradas.

La información base para la descripción de las operaciones fue tomada de un estudio de caracterización ocupacional del SENA [16], y de los documentos de análisis de cadenas productivas del DNP [17]. A partir de ésta información se asignaron (de forma intuitiva) las aplicaciones a las



diferentes etapas del proceso operativo -donde se considera que hay un uso intensivo- como lo presenta la Figura 59.

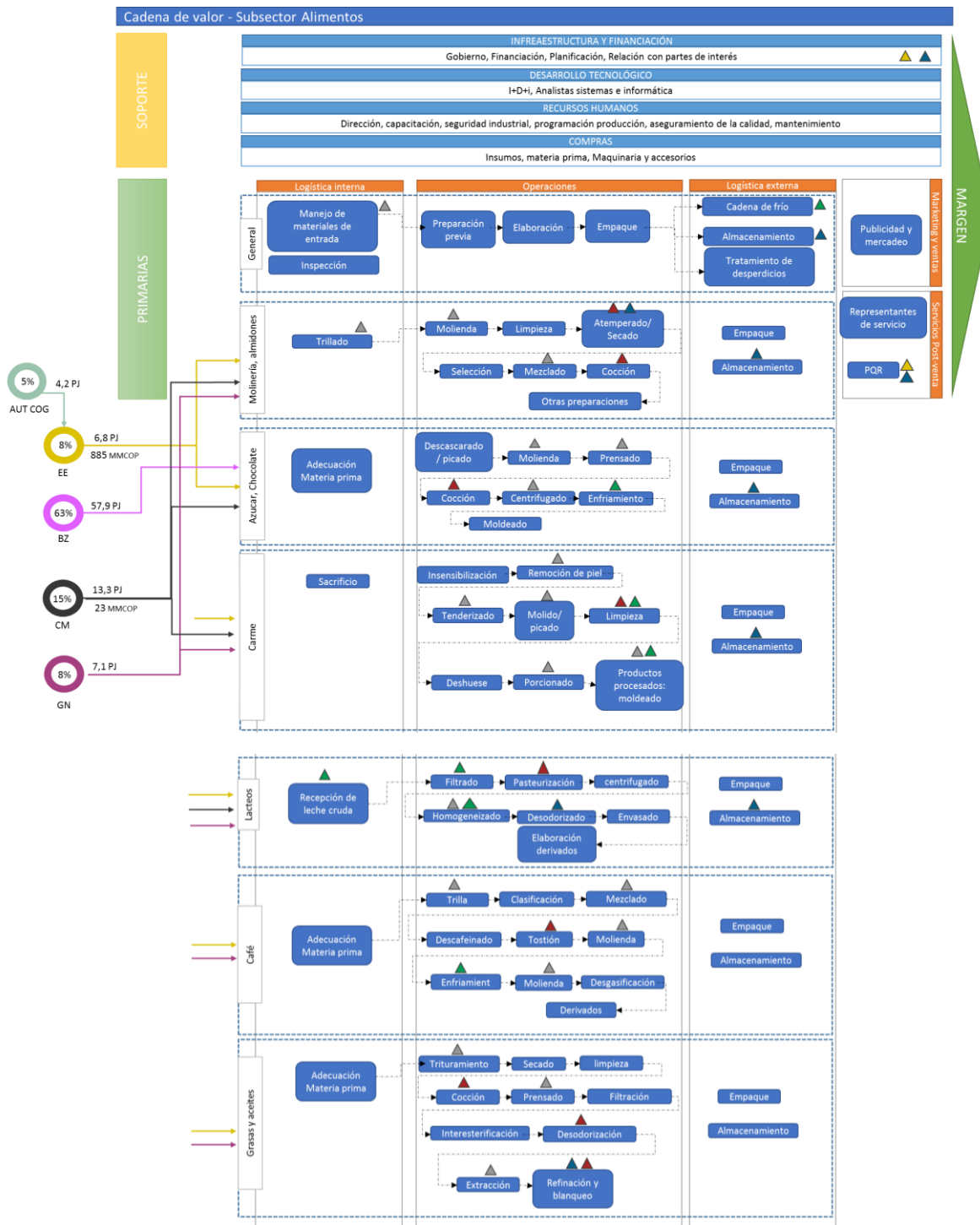


Figura 59. Cadena de alimentos.

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de [16], [17], [11], [13]

#### 7.1.4.2.1 Subsector alimentos

Cada subsector dentro de cadena de alimentos mostrado tiene sus particularidades, pero coinciden procesos intensivos en consumo de calor como es la cocción y el secado, además de procesos que requieren la utilización de motores para fuerza motriz, como lo es la molienda y el mezclado.

El subsector de alimentos se caracteriza por tener un gran consumo energético de Bagazo, el cual, según BECO, en el 2014 fue de 57.9 PJ y que corresponden al 63.4% del total de consumo del subsector. Adicionalmente, el mismo periodo reportó consumos de carbón mineral de 13.5 PJ que corresponden al 14.6% de participación del total, gas natural de 7.1 PJ con 7.8% de participación, electricidad de 6.8 PJ con 7.5% de participación, y Auto/Cogeneración de 4.2 PJ con 4.6% de participación.

Para complementar la anterior información, se presenta la Tabla 13 donde se desagregan los consumos del subsector alimentos en cada una de las cuentas nacionales, que, aunque varían un poco con respecto a los datos del BECO, representan la misma información (y para el mismo año 2014):

Tabla 13. Consumos desagregados de energéticos en alimentos

Consumo de energéticos [TJ] <sup>3</sup>	BZ	CM	GN	P T	RC	CQ	DO	EE SIN	FO	G L	G M	TOTA L
Azúcar y panela	71.71 2	8.82 2	3	-	16	-	58	4.241	14	0	24	84.89 1
Otros productos alimenticios	-	1.09 7	3.40 8	-	3	0	44	1.563	8	3 9	28	6.192
Carne, pescado, crustáceos y moluscos	-	1.18 0	1.17 1	1 1	2	82	15 8	1.399	-	9 4	39	4.138
Aceites y grasas de origen vegetal y animal	-	763	1.87 7	-	15 6	13 2	18 4	754	13	0	4	3.884
Productos lácteos	-	569	1.72 0	-	-	-	23 9	1.077	13 1	6 1	18	3.824
Alimentos preparados para animales	-	2.10 0	402	0	1	15	6	704	0	1 7	7	3.254
Molinería, almidones y derivados del almidón	-	119	358	-	26	49	62	1.256	18	8	6	1.903
Productos de café	-	155	1.06 3	1	11	1	11	347	0	3	0	1.593
Frutas, legumbres, hortalizas y tubérculos	-	89	178	-	-	-	5	102	-	2	0	376

Fuente: [13]

De la anterior tabla se toma la lógica de las flechas que entran en consumo de energéticos a cada una de las desagregaciones en la cadena de la Figura 59. El ejemplo más claro de esto es el hecho que los 71.712 TJ de bagazo se consumen totalmente en el subsector de “azúcar y panela”, por lo que la flecha entra únicamente en éste bloque. De los subsectores de alimentos, se evidencia que éste es también el que más consume carbón mineral con 8.822 TJ y electricidad con 4.241 TJ.

<sup>3</sup> Se presentan en Terajoules y no Petajoules para apreciar mejor la escala de los subsectores desagregados (dado que así sus valores son menores)

Adicionalmente, cabe destacar que el subsector que más consume gas natural es el de “otros productos alimenticios” con 3.408 TJ; y el subsector de “aceites y grasas” es el de mayor consumo de recuperación/residuos con 156 TJ y así mismo el de mayor consumo de coque con 132 TJ.

En cuanto a su estructura de consumo, cabe resaltar que el subsector de “alimentos preparados para animales” tiene dos terceras partes de su consumo energético (65 %) en carbón mineral (2.100 de 3.254 TJ), y similarmente ocurre con el subsector de “molinería, almidones y derivados del almidón”, que tiene dos terceras partes de su consumo en electricidad (66 %) (1.256 de 1.903 TJ). Igualmente ocurre con los productos de café, que tienen concentrada dos terceras partes (67%) de su consumo en gas natural (1.063 de 1.593 TJ).

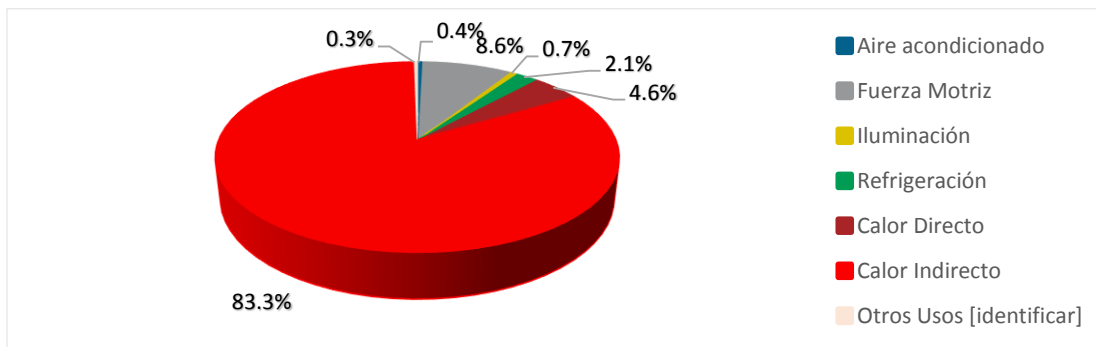


Figura 60. Usos finales energéticos Alimentos, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

En la Figura 60 se presenta la distribución de los usos finales de la energía en el subsector de alimentos. El 83,3 % corresponde a 76 PJ, de los cuales el 89 % proviene de los combustibles sólidos del subsector (bagazo, carbón mineral y coque). Una de las explicaciones del porqué se utiliza el calor indirecto, es para que en la cocción de los alimentos no haya riesgo de que al entrar en contacto con gases o llamas quede material particulado o se contamine de una u otra manera. Además de calor indirecto, los siguientes valores representativos son fuerza motriz con 8,6 % de participación y que corresponden a 7,8 PJ, mientras que el calor directo representa un 4,6 % con 4,1 PJ y la refrigeración un 2,1 % con 1,9 PJ.

#### 7.1.4.2.2 Subsector bebidas

El subsector de bebidas se divide en bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y se caracteriza por las operaciones de filtrado y mezcla de materiales bajo condiciones específicas de temperatura, donde requieren la generación de calor y la fuerza motriz para bombeo de fluidos.

El principal consumo de energéticos según BECO en el año 2014 fue de gas natural con 2.2 PJ y una participación de 44.9%, seguido de la electricidad con 1.6 PJ y una participación de 31.5%. Además, tiene consumos de gas licuado de petróleo de 0.58 PJ con una participación de 11.5%, y carbón mineral de 0.55 PJ con participación de 10.8%.

La matriz de utilización del DANE [12] muestra que, de los energéticos en 2014, el sector bebidas consumió energía eléctrica por 216 Mil Millones de COP, seguido de gas domiciliario por 72 Mil Millones de COP y productos de la refinación del petróleo por 26 Mil Millones de COP. El consumo intermedio de carbón mineral fue relativamente bajo en el subsector con 6 Mil Millones de COP,

pero comparándolo con el consumo de los demás subsectores de alimentos es de los que más consume junto con “azúcar y panela” y “Productos de molinería, almidones y sus productos”.

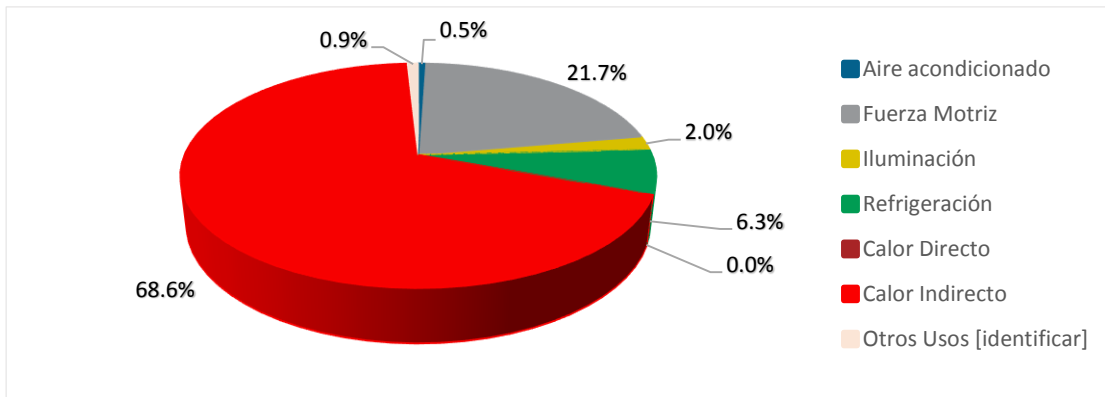


Figura 61. Usos finales energéticos en el sector Bebidas, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

Según la Figura 61, al igual que en el subsector de alimentos, la principal aplicación es en generación de calor indirecto -aunque en menor medida- con 3,49 PJ representando el 68,6% del total. Además, la participación de fuerza motriz fue de 1,1 PJ que representa el 21,7% y la refrigeración con 0,3 PJ que corresponde al 6,3% del total. Según el estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], la energía eléctrica en este subsector se usa principalmente en la generación de fuerza motriz: para bombeo de fluidos, refrigeración y aire comprimido, lo cual se refleja en lo presentado en la Figura 62.

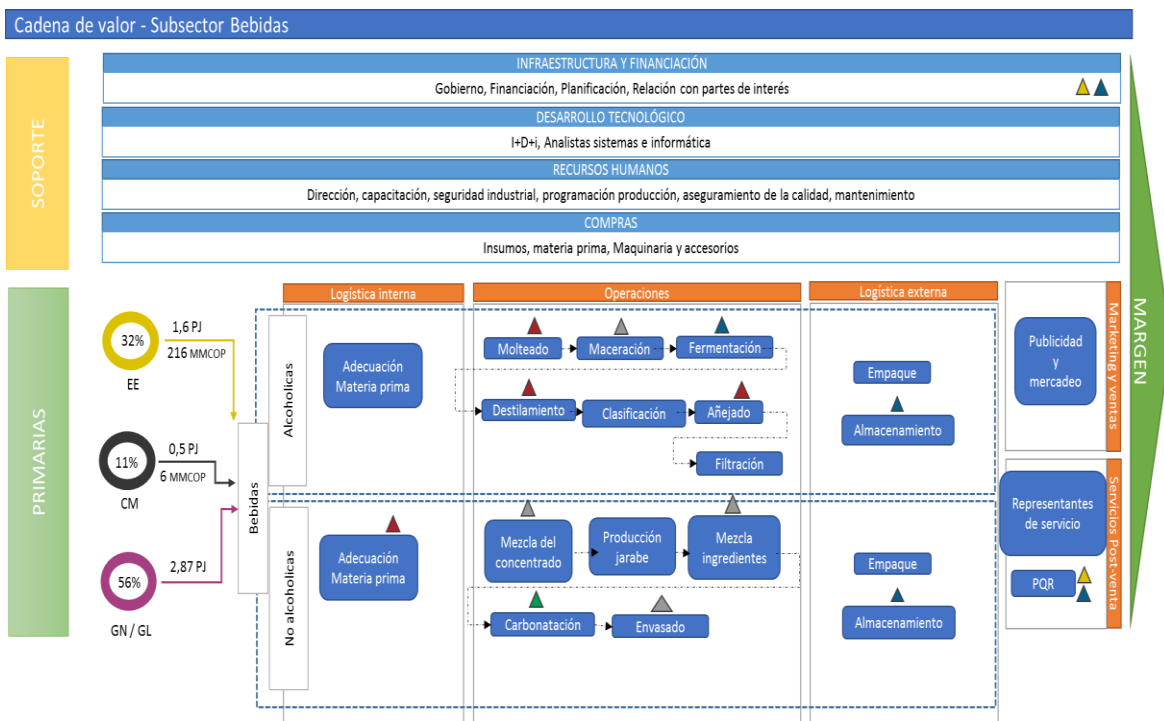


Figura 62. Cadena de valor subsector bebidas

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [16], [17], [11], [13]

### 7.1.4.2.3 Subsector tabaco

Según el BECO [11], para el periodo mostrado (2014), el tabaco tiene su mayor consumo en gasolina motor (7 TJ), aunque de los datos históricos de la EAM [13] se evidencia que no es un comportamiento que se haya dado antes, dado que los consumos típicos han sido de gas natural, energía eléctrica, *fuel oil*, y gas licuado de petróleo. Esto podría ser debido a un reporte atrasado para el año mostrado, dado que el consumo total sigue siendo muy bajo.

Según los porcentajes de aplicación de la EAM y el consumo de BECO, se encuentra que el 100 % es para calor indirecto, aunque consultando el estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], se encuentra que una empresa de este subsector consume energía eléctrica para fuerza motriz, iluminación, aire acondicionado y calentamiento de resistencias en el proceso de empaque. Además, requiere de gas natural para la producción de vapor en calderas, el cual se utiliza en los procesos de humidificación y secado de forma indirecta (Ver Figura 63).

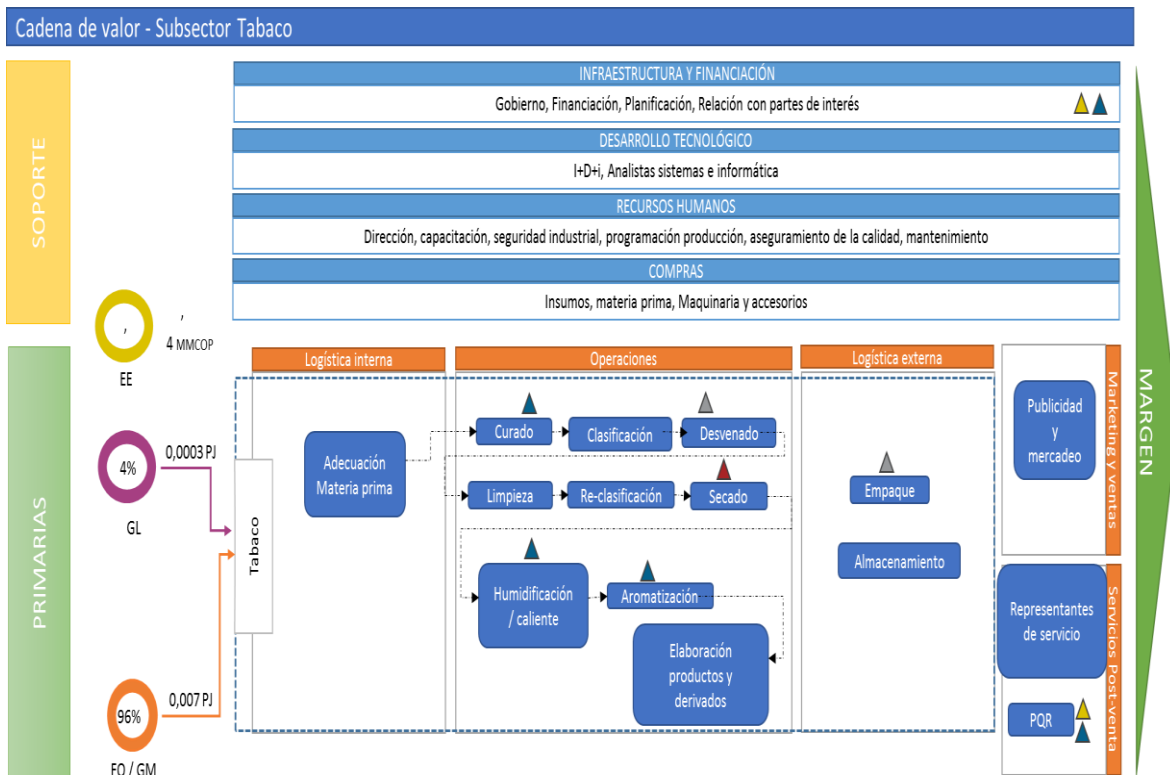


Figura 63. Cadena de valor subsector tabaco  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [17], [11], [13]

### 7.1.4.3 Subsector metalúrgicos básicos

Los metalúrgicos básicos corresponden en cuentas nacionales al código 31, y según los códigos CIU (revisión 4) [13] son los relacionados con Industrias básicas de hierro y de acero (cód. 241), Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos (cód. 242), Fundición de metales (cód. 243), Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor (cód. 251), y Fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionadas con el trabajo de metales (cód. 259). La información de estos

códigos está contenida en el BECO y la EAM en las cuentas 24 y 25, que fueron agregadas para los cálculos de los datos mostrados en la cadena

En este subsector se encuentran diferentes actividades de mecanizado, para reducir y moldear los productos de los subsectores que lo componen, con procesos como el laminado y trefilado en caliente.

En cuanto al consumo de energéticos, el mayor consumo es de energía eléctrica, con 9.9 PJ y una participación de 46.4%, seguido de carbón mineral con un consumo de 6.3 PJ que corresponden al 29.7%, y gas natural con 4 PJ con participación de 18.7%. Además, tiene consumo de diésel oil de 0.89 PJ, que representa el 4.2% del total.

Para complementar la anterior información, se presenta la Tabla 14 donde se desagregan los consumos del subsector alimentos en cada una de las cuentas nacionales, que, aunque varían un poco con respecto a los datos del BECO, representan la misma información (y para el mismo año 2014):

Tabla 14. Consumos desagregados de energéticos en Metalúrgicos básicos

Consumo de energéticos [TJ] <sup>4</sup>	CM	GN	PT	CQ	DO	EE SIN	FO	GL	GM	TOTAL
Industrias básicas de hierro y de acero	6.309	5.193	53	33	812	8.566	8	10	19	21.001
Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos	2	488	1	4	14	224	7	5	2	748
Fundición de metales	0	4	-	2	0	8	-	0	0	15
Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor	-	93	-	0	46	141	1	14	21	317
Fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionadas con el trabajo de metales	48	684	-	3	23	730	6	17	11	1.522

Fuente: [13]

De la anterior tabla se evidencia que, de los subsectores presentados, el de más peso es el de las industrias básicas de hierro y acero, representando el 89% del consumo con 21 PJ, con grandes consumos de electricidad (8.5 PJ), carbón mineral (6.3 PJ) y gas natural (5.1 PJ), debido a que en este subsector se encuentran los principales procesos de transformación de metales desde la fundición hasta la producción de piezas y partes en talleres.

<sup>4</sup> Se presentan en Terajoules y no Petajoules para apreciar mejor la escala de los subsectores desagregados (dado que así sus valores son menores)

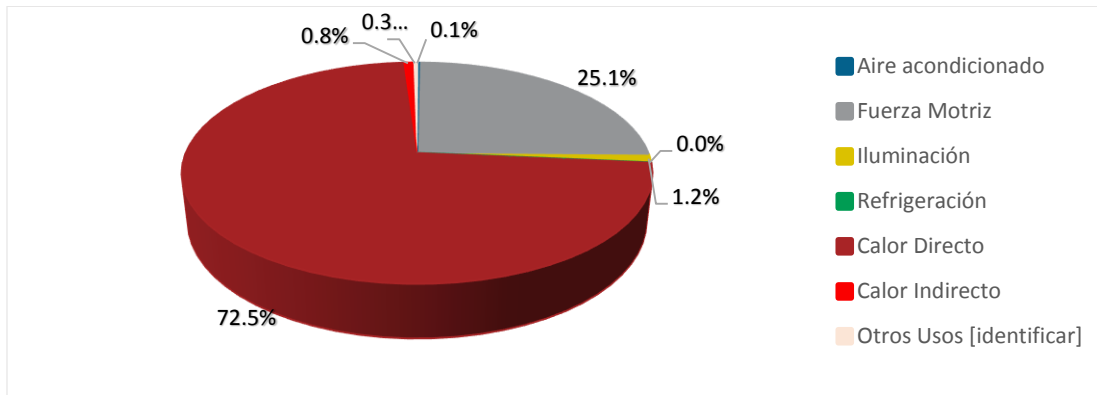


Figura 64. Usos finales de energéticos en sector metalúrgicos básicos, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

En la Figura 64 se presentan las aplicaciones finales de los energéticos, donde se muestra que la gran mayoría (72.5%) es para la generación de calor directo con 15.5 PJ, debido a los hornos de fundición, secadores, y de laminado requeridos para los diferentes procesos. La fuerza motriz es el otro valor considerable de las aplicaciones con un 25.1% de participación que corresponde a 5.3 PJ, y es utilizado para los diferentes motores y maquinaria que permiten el mecanizado de los materiales. La cadena de valor para el subsector metalúrgicos básicos se presenta en la Figura 65.

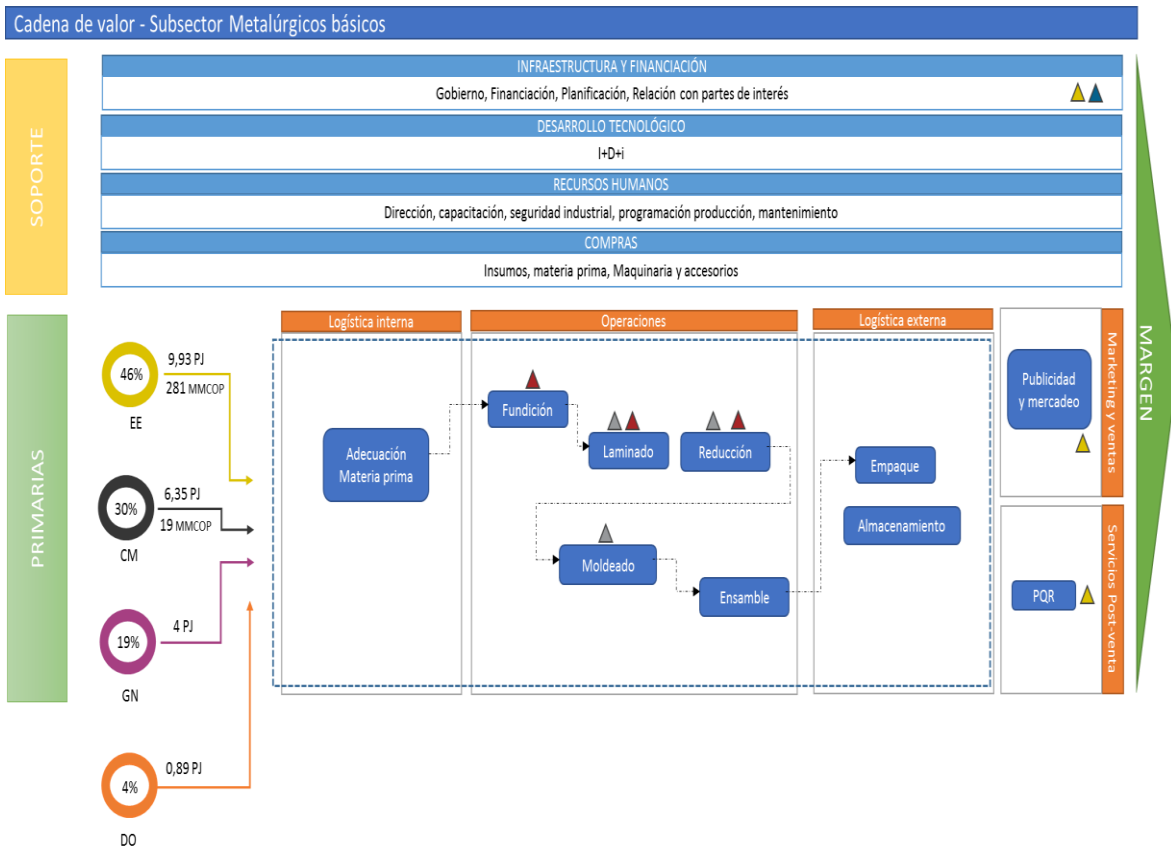


Figura 65. Cadena de metalúrgicos básicos

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [17], [11], [13]

#### 7.1.4.4 Subsector Productos minerales no metálicos

Dentro de este subsector se encuentran principalmente las actividades relacionadas a la producción de vidrio, cerámica, y cemento. Según cifras del BECO [11] en 2014, el subsector de productos minerales no metálicos consumió 89 PJ que corresponden al 30.6% del total de la agregación de industria de este documento. De ese total, el 49.6% corresponde a 44 PJ de carbón mineral, seguido de 22.9 PJ de gas natural con un 25.8% de participación, 12.5 PJ de coque con 14% de participación, y 5 PJ de electricidad que representan el 5.6% del consumo energético del subsector.

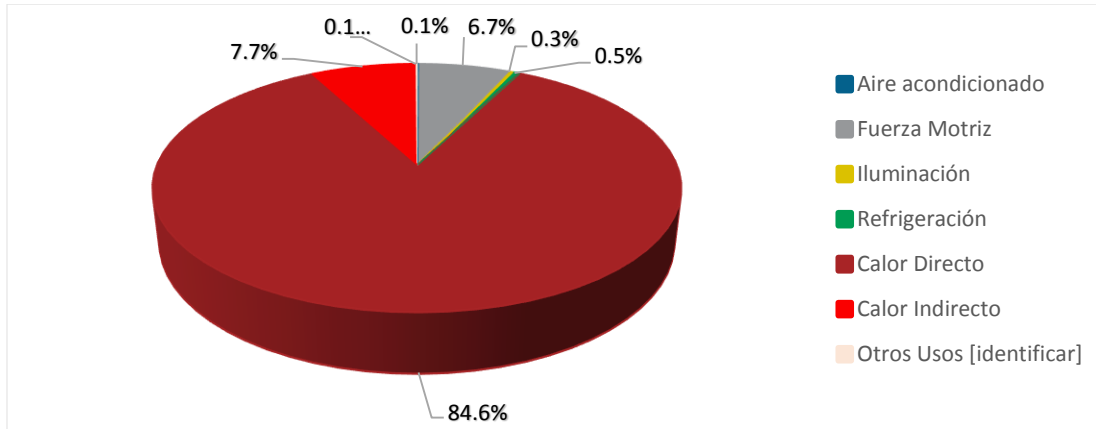


Figura 66. Usos finales de energéticos en sector minerales no metálicos, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

La Figura 66 permite evidenciar que el mayor uso de la energía es para calentamiento directo con un 84.6% de participación, el cual corresponde a un consumo energético de 75.4 PJ. Las demás aplicaciones de valor considerable son de calor indirecto (6.8 PJ) que corresponden al 7,7 % de participación, y la fuerza motriz (5.9 PJ) que corresponde al 6,7 % del total.

Según el estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], la gran aplicación de calor en este subsector se da debido al uso de atomizadores, secadores, y hornos en las industrias de vidrio, ladrillo, cerámica y cemento. Por otro lado, también se encuentra que aplicación de fuerza motriz se debe principalmente a motores dedicados al procesamiento (58,7 % de los motores de acuerdo al estudio) y otros dedicados a bandas transportadoras (19,4 % de los motores). La cadena de valor para el subsector de minerales no metálicos se presenta en la Figura 67.



Cadena de valor - Subsector Productos Minerales No metálicos

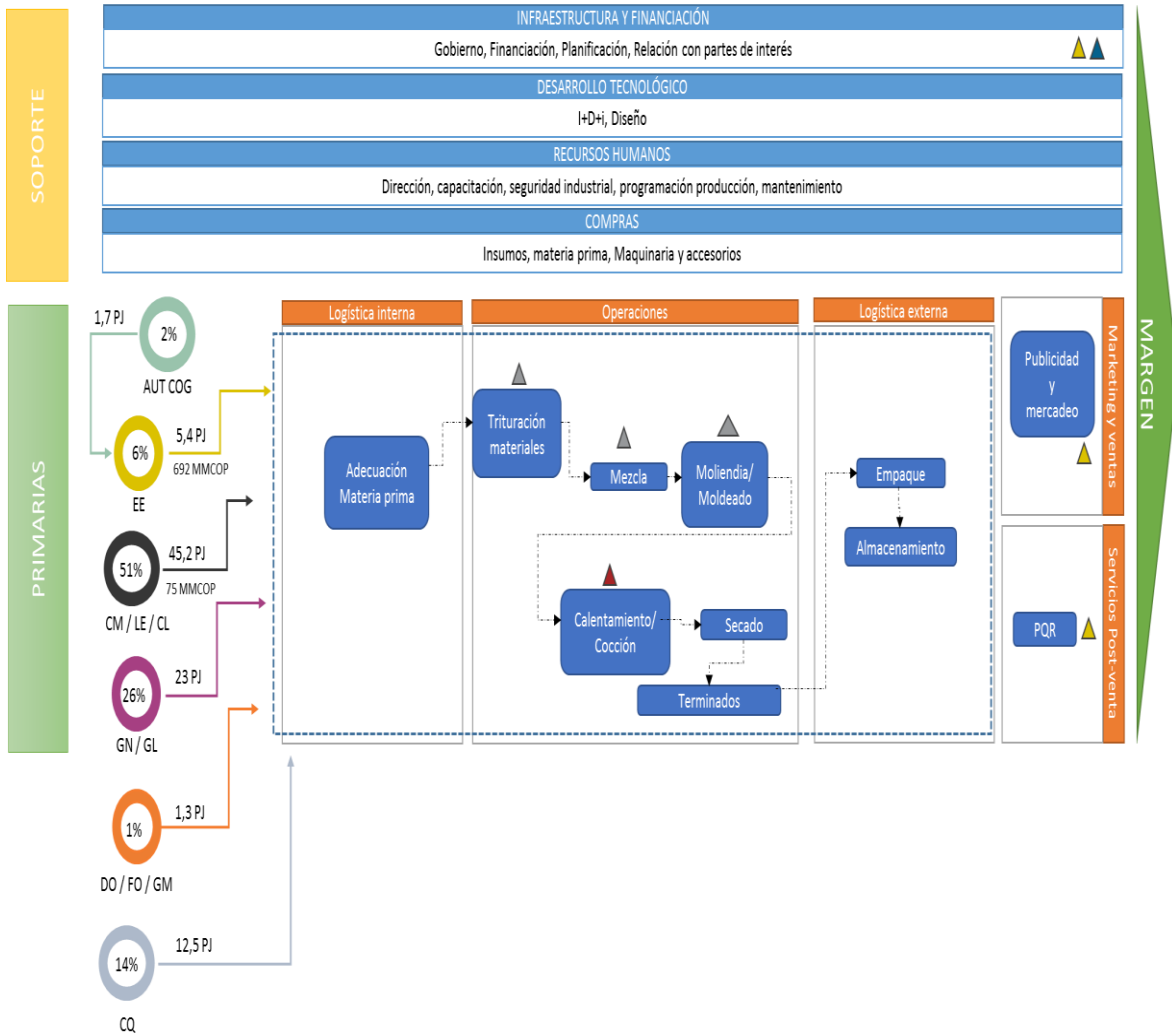


Figura 67. Cadena de valor subsector minerales no metálicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [17], [11], [13]

7.1.4.5 Subsector Papel Cartón e Impresión

El subsector de papel, cartón e impresión tiene como principal energético el carbón mineral con un 44,4 % de participación en el 2014 [11], que corresponde a un consumo de 10,5 PJ. Además, tiene consumos de gas natural por 5,8 PJ que representan el 24,7 %, electricidad de 4,8 PJ que representa el 20,6 %, y Auto/cogeneración de 2 PJ que representa un 8,7 % del total de consumo energético del subsector.

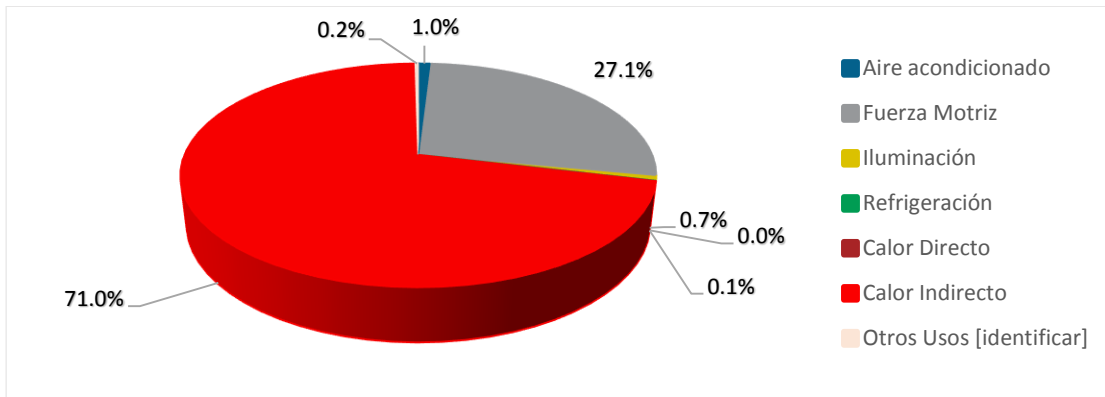


Figura 68. Usos finales energéticos papel, cartón e impresión, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

En la Figura 68 se ven los usos finales de los energéticos, donde se ve que los principales son el calor indirecto (71 % que representan 16,7 PJ) y la fuerza motriz (27,1 % que representan 6,4 PJ). Según el estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], en el subsector de papel y cartón se usan altas cantidades de energía térmica para la generación de vapor en operaciones de cocción de fibras y secado, mientras que la energía eléctrica se usa para maquinaria que se encarga de dar formas, texturas, y acabados a los productos. En cuanto al subsector de impresión, la energía eléctrica se usa principalmente en la generación de fuerza motriz en máquinas de impresión y corte. La cadena de valor del subsector se presenta en la Figura 69.

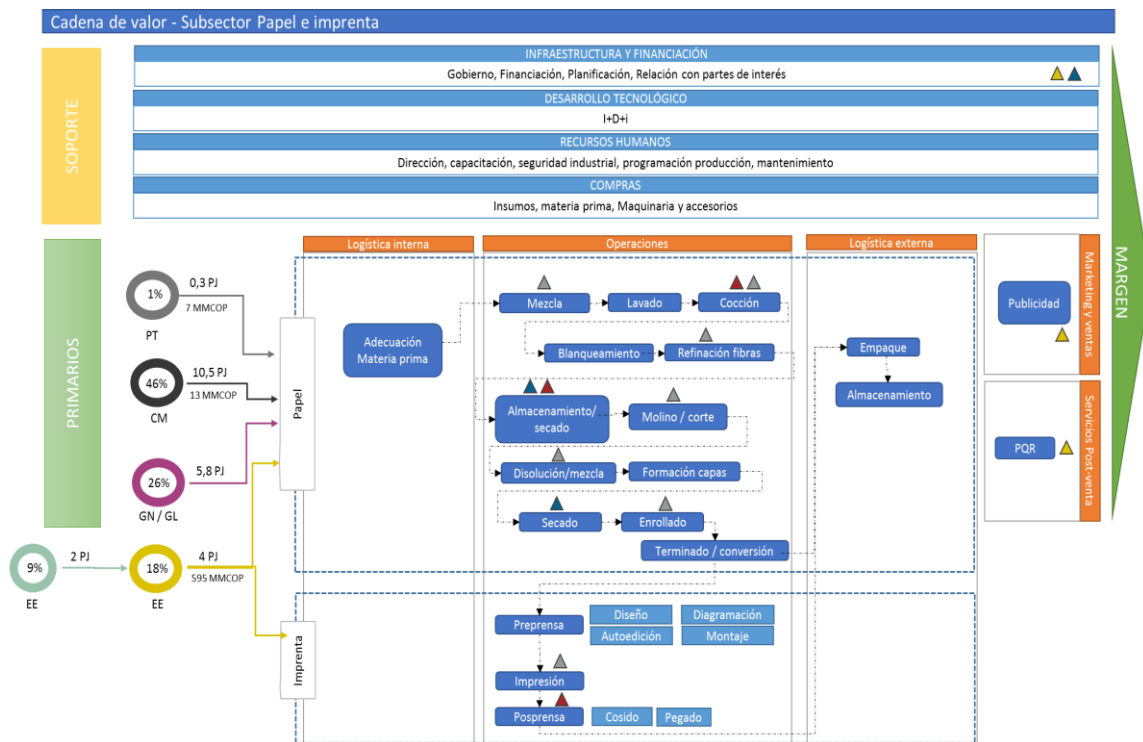


Figura 69. Cadena de valor subsector papel e imprenta

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [17], [11], [13]

#### 7.1.4.6 Subsector Productos Químicos

Este subsector se caracteriza por tener una gran variedad de productos (finales e intermedios), que son materias primas y entradas para los demás sectores de la economía, dado que sus productos tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes áreas.

En cuanto a su cadena de producción, en sus primeras etapas contiene principalmente productos básicos, que son hechos en grandes cantidades y vendidos a un bajo valor unitario a mercados masivos. En las etapas finales se ven productos más especializados, que son de pequeños volúmenes, pero de gran valor, y que involucran mucho trabajo de investigación y desarrollo.

En cuanto al consumo energético, predomina el gas natural con un valor de 14.4 PJ que representa 53.9% del total del consumo, seguido del carbón mineral con 5.9 PJ que representa el 22.1%, la energía eléctrica 4.2 PJ con participación de 15.7% y la Auto/cogeneración de 1.8 PJ que representa el 6.8%.

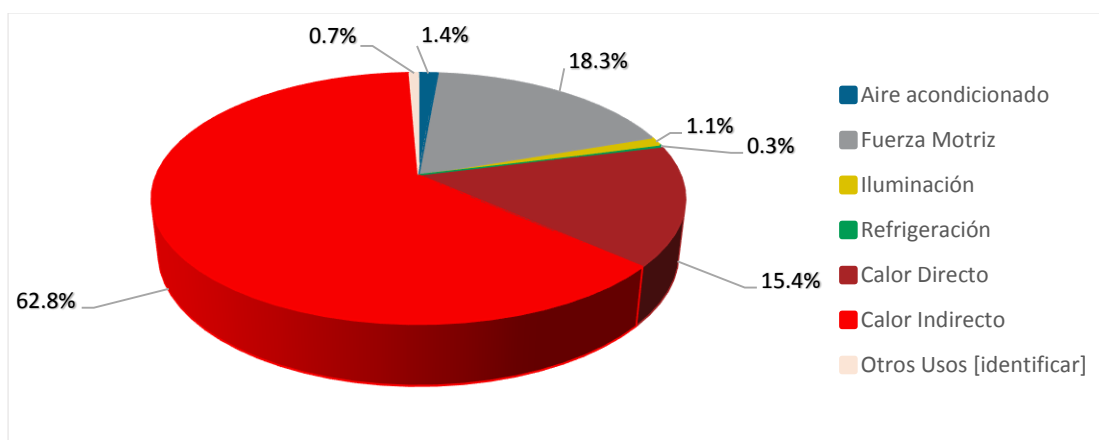


Figura 70. Usos finales energéticos productos químicos, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

Los usos finales de energía (Figura 70) corresponden a calor indirecto principalmente por el uso de calderas, con una participación de 62.8% que corresponde a 16.8 PJ. En segundo lugar, está la fuerza motriz usada en las diferentes máquinas de los procesos (mezcladoras, encapsuladoras, etc.) con una participación de 18,3 % que corresponde a 4,9 PJ, y en tercer lugar el calor directo con participación de 15,4 % correspondientes a 4,1 PJ. La cadena de valor para el subsector de productos químicos se muestra en la Figura 71.

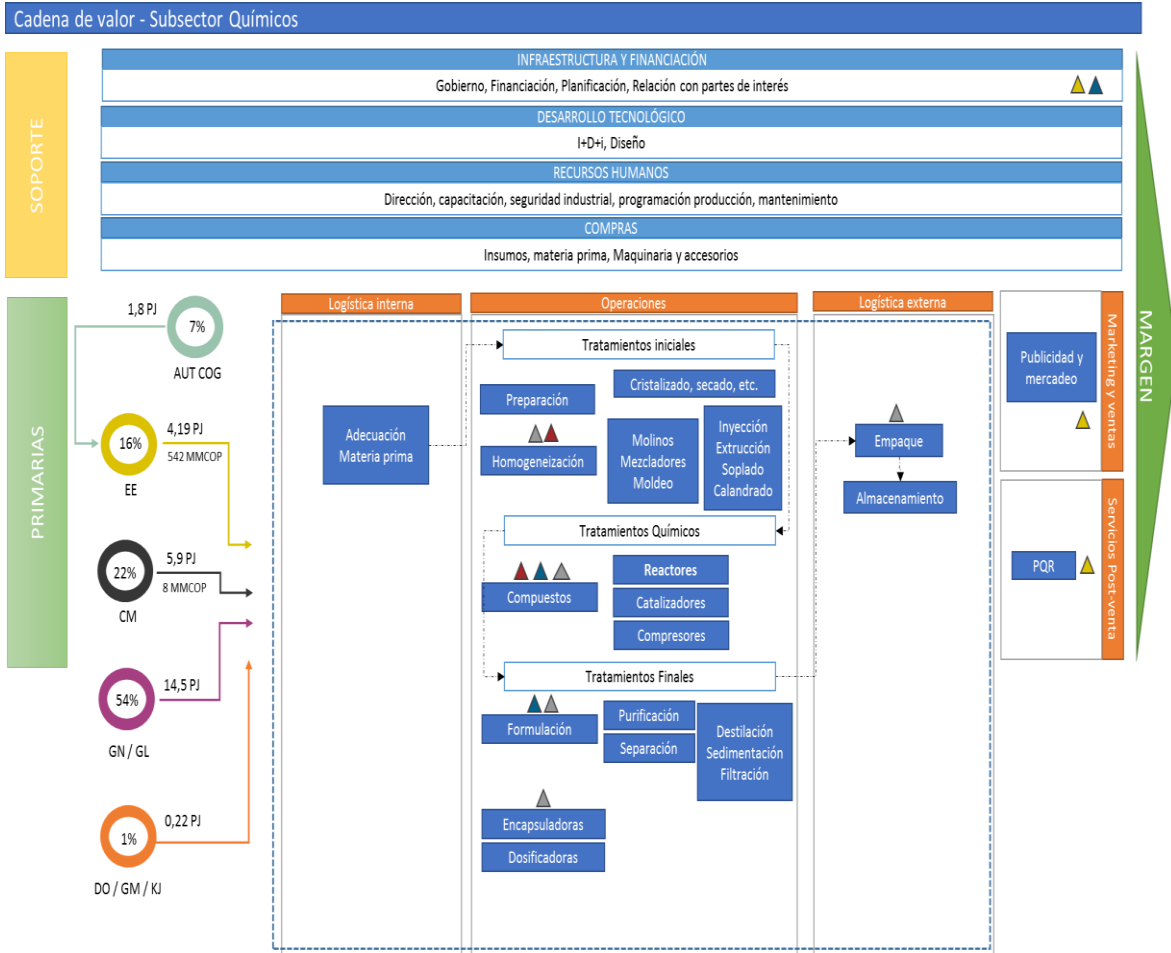


Figura 71. Cadena de productos químicos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [17], [11], [13]

#### 7.1.4.7 Sector Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear

El subsector comprende los procesos de coquización y de refinación del petróleo para su transformación en diferentes subproductos y mezclas.

Su consumo energético está muy centrado en el gas natural, que, según BECO [11] representó el 78.3% de participación con 26.3 PJ en el 2014. Además, tiene consumos de gas licuado de petróleo por 3.4 PJ que representan el 10.3%, Auto/cogeneración por 2.6 PJ que representan el 7.9%, y 1.1 PJ de electricidad que representan el 3.4%.

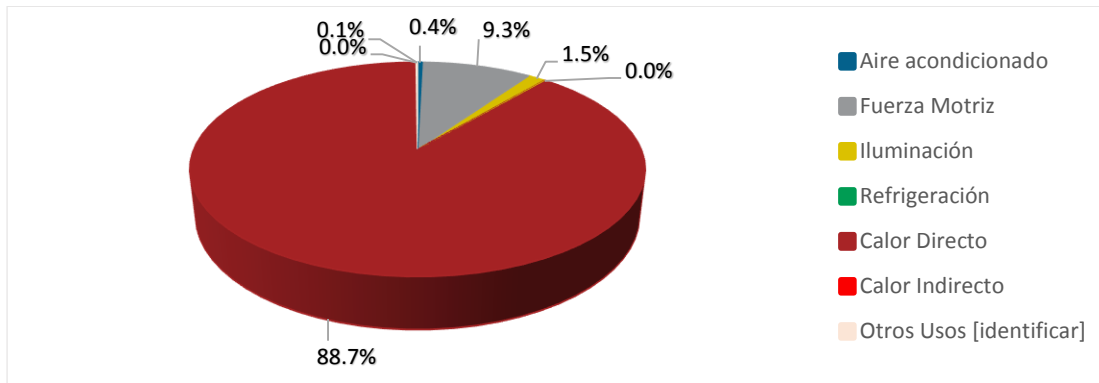


Figura 72. Usos finales energéticos coquización y refinerías, 2014

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Anual Manufacturera y Balance Energético Colombiano

De la Figura 72 se evidencia que la mayor participación en los usos finales de los energéticos es de calor indirecto con 88,7 %, que representa 29,8 PJ de energía utilizada. Además, el subsector tiene aplicación en fuerza motriz de 3,1 PJ que representa el 9,3 % de las aplicaciones totales, y un bajo valor de iluminación con 0,5 PJ que representa un 1,5 % del total. Según el estudio realizado por la UPME con CORPOEMA [14] e INCOMBUSTION [15], el gran consumo en energía térmica se debe a la utilización de hornos de coquización; y en cuanto a fuerza motriz, es utilizada para motores de proceso en un 43 %, bombeo que representa 26 % y ventiladores y extractores que representan 12 %. La cadena de valor para el subsector de refinación de petróleo se presenta en la Figura 73.

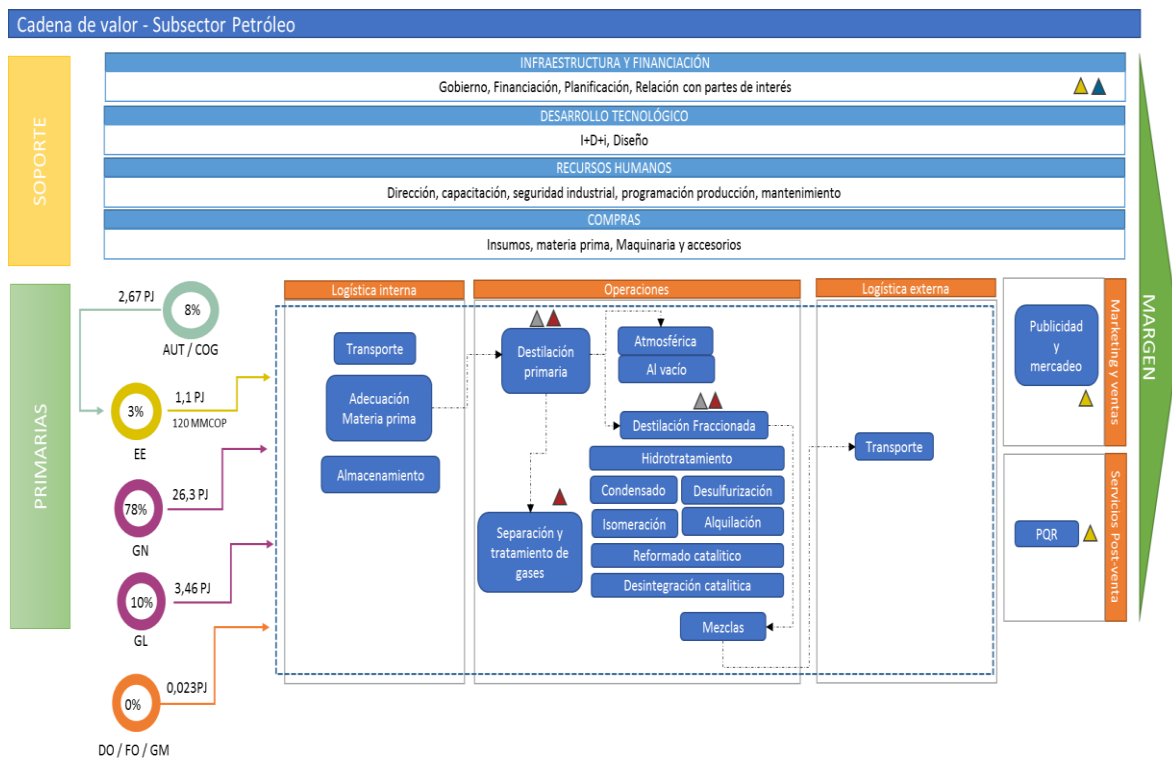


Figura 73. Cadena de valor subsector refinación del petróleo

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: [11], [13], [18]

## 7.2 Sector Transporte

### 7.2.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector transporte y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

Para el análisis del consumo de energía del sector se emplearon tres fuentes de información diferentes: Los datos presentados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), el Balance Energético Colombiano (BECO) con datos del estudio de la Fundación Bariloche para los años comprendidos desde 1980 hasta 2005 y el Balance Energético Colombiano de la UPME para el periodo de 2006 a 2015.

Se puede observar en la Figura 74 que existe similitud entre los valores presentados por la IEA y Bariloche para la demanda energética, sin embargo los valores del BECO son ligeramente mayores a los reportados por la IEA.

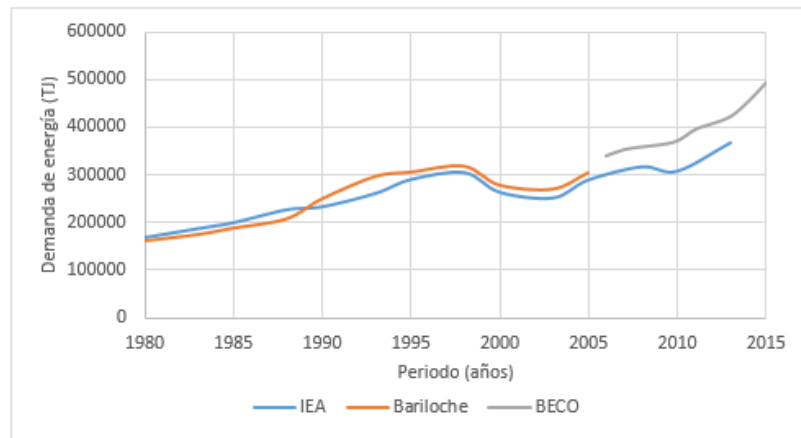


Figura 74. Variación de la demanda energética del sector transporte 1980-2015  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La tendencia de la demanda en todos los casos muestra que existe un crecimiento lineal y poco pronunciado desde 1980 hasta 1998, en donde se presenta un pico de demanda con un valor de 300000TJ, y posteriormente este valor decrece hasta un valor de aproximadamente 270.000 TJ en el 2003, luego vuelve a aumentar a una velocidad aproximada de 16.000 TJ/año para el caso de BECO y de 14.500 TJ/año para la IEA, alcanzando valores máximos de 368.000 TJ en 2013 y 494.000 TJ en 2015 respectivamente. .

Uno de los principales factores influyentes en la disminución de la demanda energética en el país en general y no solo para el sector transporte, a partir del año 1998 fue la crisis económica por la que atravesaba el país para esa fecha. [19]

Adicionalmente, se evidencia que según los datos presentados por la IEA, después del 2007 existe nuevamente una disminución en la demanda energética del sector que se recupera después del 2010. Lo anterior se da de manera congruente con la venta de vehículos reportada para el país por la UPME en el informe de Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia del 2014 [15], en donde se ve cómo la venta de vehículos se ve disminuida después del 2007 y se recupera después del 2010. (Figura 75)



Figura 75. Variación de la venta de vehículos 2006-2012

Fuente: [15]

El sector transporte se encuentra dividido en subsectores que varían dependiendo de la fuente de información. La IEA clasifica el sector transporte en cuatro subsectores: terrestre, férreo, aéreo, y fluvial y marítimo, mientras que en el BECO se clasifica el transporte en carretero, aéreo, fluvial, marítimo y ferroviario. Adicionalmente presenta una clasificación detallada dentro del subsector carretero discriminando este subsector por pasajeros privado interurbano, pasajeros público interurbano, pasajeros privado urbano, pasajeros público urbano, carga urbana y carga interurbana. La demanda energética discriminada por subsector muestra que el mayor consumo energético lo tiene el subsector terrestre (Figura 76). La tendencia es similar a la de la gráfica de variación de la demanda energética total del sector, siendo el subsector de transporte terrestre el más dominante. Se observa un crecimiento lineal hasta 1998, luego una disminución hasta 2003 donde vuelve a haber un aumento del 26 % en la demanda hasta llegar alrededor de los 300.000 TJ en el 2008, con otra del 3,2 % en el 2010.

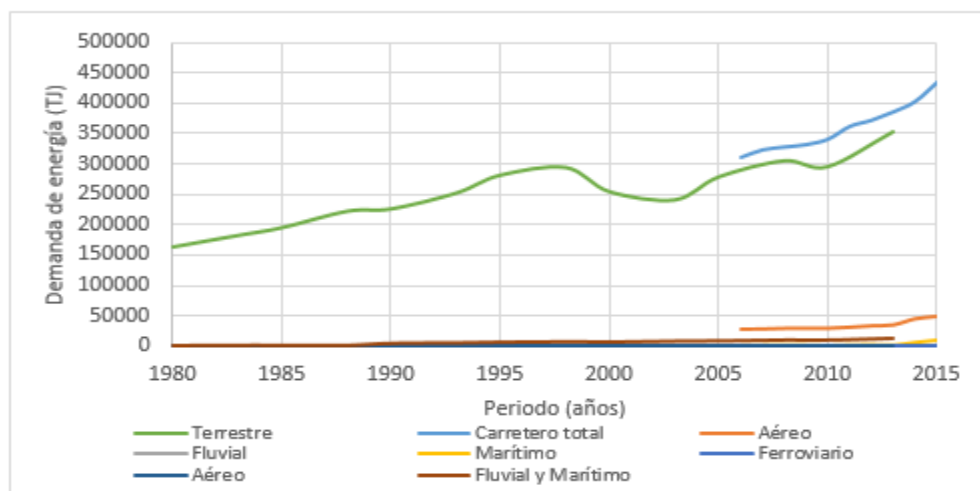


Figura 76. Variación de demanda energética por subsector

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Se cuenta con una información más detallada por parte del BECO en cuanto al subsector de transporte terrestre como se muestra en la Figura 77, lo que podría explicar por qué los valores de consumo presentados por esta fuente, al considerar los diferentes tipo de pasajeros y carga, además los canales de información, son superiores a los presentados por la IEA. A pesar de lo expuesto anteriormente la tendencia de crecimiento se mantiene. La discriminación del subsector terrestre realizada en el BECO, permite observar que la mayor demanda energética se presenta por los pasajeros privados urbanos seguido por la carga interurbana y carga urbana. El anterior comportamiento se da de 2006 hasta 2013. Para el año 2014 y 2015, la demanda de los pasajeros privados urbanos decrece un 32,8 % y el primer lugar lo ocupa los pasajeros privados interurbanos que muestran un crecimiento del 300 % en el 2014.

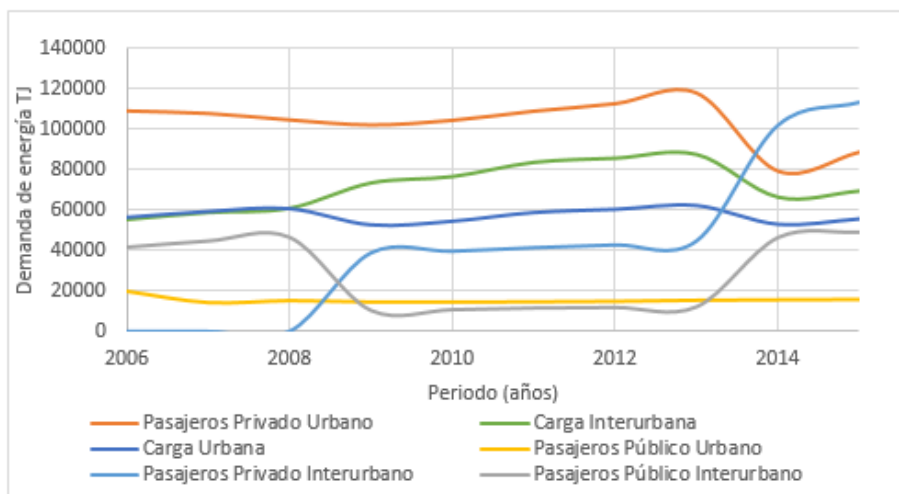


Figura 77. Variación de la demanda discriminada por tipo de pasajero y carga para el subsector terrestre  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

De manera análoga sucede en los años 2008 y 2009 en donde la demanda energética de los pasajeros público interurbano decrece a medida que aumenta la de los pasajeros privados interurbanos

#### 7.2.1.1 Consumo por energético

Para el análisis del consumo energético del sector transporte en general discriminado por fuente energética, se realizó una subdivisión de las fuentes de la siguiente manera: derivados del petróleo y gasolina motor, gas natural y jet fuel, carbón y energía eléctrica y biocombustibles y otros.

##### 7.2.1.1.1 Diésel y Gasolina motor

Para el caso de los derivados del petróleo como el diésel y la gasolina motor, se puede observar en la Figura 78 que el mayor consumo de energía lo tiene la gasolina motor hasta el año 2007; luego el comportamiento se invierte, de manera que el mayor consumo es para el diésel. El crecimiento de consumo de diésel de 1998 a 2007 es de 107 % mientras que el decrecimiento de consumo de gasolina motor considerando el mismo periodo de tiempo es de 40 %. La diferencia entre el consumo entre gasolina motor y diésel es mucho más pronunciada en los años 80 y 90 con un valor máximo de 168.000 TJ en 1998, luego la diferencia va disminuyendo y a partir de 2005 la diferencia entre estas dos fuentes energéticas no supera los 19.000 TJ.



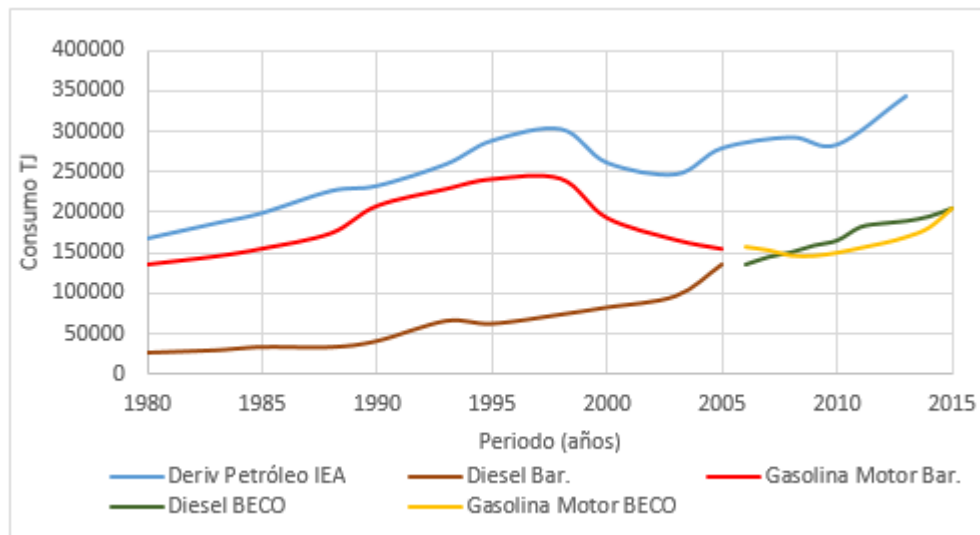


Figura 78. Variación de la demanda de diésel y gasolina motor  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Lo anterior tiene su explicación en el fenómeno de dieselización que se dio en Colombia desde los años 90, en especial a mediados de la década, momento en el que motivado por el modelo de apertura económica adoptado por el Gobierno Nacional, hubo una entrada importante de vehículos tracto camiones al parque automotor nacional. En adición a esto se presenta una tendencia decreciente en la venta y uso de gasolina debido a un efecto combinado entre la política de precios y al fenómeno de contrabando de gasolina principalmente, en contraste con la tendencia creciente del uso de diésel. Congruente con lo mostrado en la Figura 78, en 2007 se tuvo el consumo mínimo de gasolina en la historia reciente del país correspondiente a 71.079 barriles por día (BPD). [8]

La diferencia cada vez menos marcada entre la demanda de diésel y gasolina motor se debe a la eliminación de los importantes diferenciales que se observan en el precio de estos dos combustibles. Así mismo, el aumento que se presenta a partir del 2010 en la demanda de gasolina, obedece a la importante recuperación económica del país, lo que sumado a la revaluación del peso colombiano, han tenido como consecuencia un incentivo en la compra de vehículos particulares.

#### 7.2.1.1.2 Gas Natural y Jet Fuel

En el caso del gas natural y el jet fuel, se puede notar en la Figura 79 que el consumo de gas natural no es significativo sino hasta el 2003, año a partir del cual se evidencia una tendencia de aumento del 600 % hasta alcanzar un valor aproximado de 24.000 TJ en 2008. A partir de esa fecha se presenta una estabilidad en el consumo de gas natural con valores muy cercanos a los 24.000 TJ/año. El aumento de consumo de gas natural desde 2002 se da como resultado del crecimiento en el número de vehículos convertidos pasando de 18.369 vehículos en diciembre de 2002 a 313.433 vehículos en julio de 2010. [20]

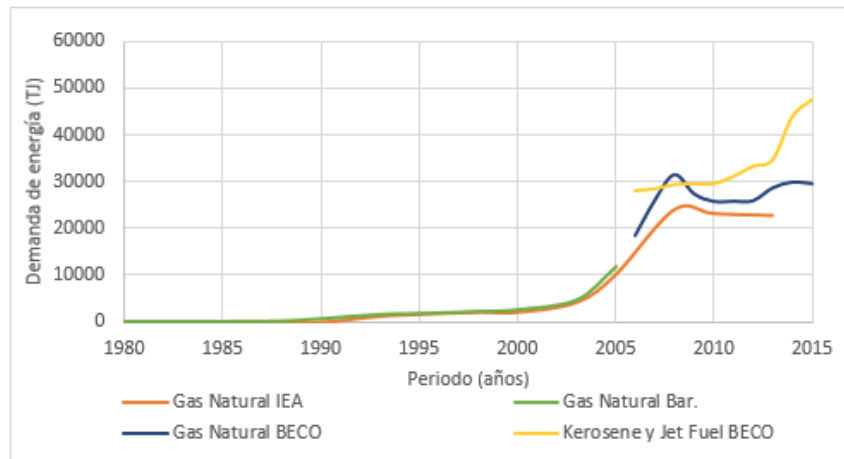


Figura 79. Variación de la demanda de gas natural, y kerosene y jet fuel  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Para poder analizar la tendencia de consumo de gas natural en el sector transporte es necesario remontarse a 1999, año en el cual se establece una política plena de sustitución de combustibles, logrando importantes avances para consolidar el GNV como una alternativa de transporte [21] En 2004 se establecieron por parte del Gobierno Nacional las “Estrategias para la dinamización y consolidación del gas natural vehicular en Colombia” dentro de las cuales se encontraban condiciones económicas especiales como descuentos y bonos para quienes hicieran uso de este combustible [22]. Lo anterior se ve claramente reflejado en el aumento en la demanda que se presenta a partir del año mencionado. Para el 2014 se tiene un incremento significativo en la participación del GNV dentro de la canasta energética del sector, lo que tiene una relación directa con el aumento del 115 % en el consumo presentado en el departamento de Atlántico. [23]

#### 7.2.1.1.3 Carbón Mineral y Energía Eléctrica

El carbón mineral por su parte presenta una disminución en su consumo, empezando en 187 TJ en 1980 y llegando a un consumo nulo en 1993 (Figura 80/Figura 84). En el caso de la energía eléctrica, los datos presentados en el BECO muestran que existe un aumento del 124 % a partir de 1995 hasta 1998. Desde 1998 el consumo de electricidad no presenta gran variación llegando a un valor máximo 280 TJ en 2015. El gasto de electricidad en el sector transporte corresponde principalmente a los consumos del metro de Medellín, cuyos valores de demanda eléctrica para 2013 y 2014 se estiman alrededor de 277 TJ y del Tren de la Sabana que desde 2004 está bajo la operación de Acerías Paz del Río. [23]

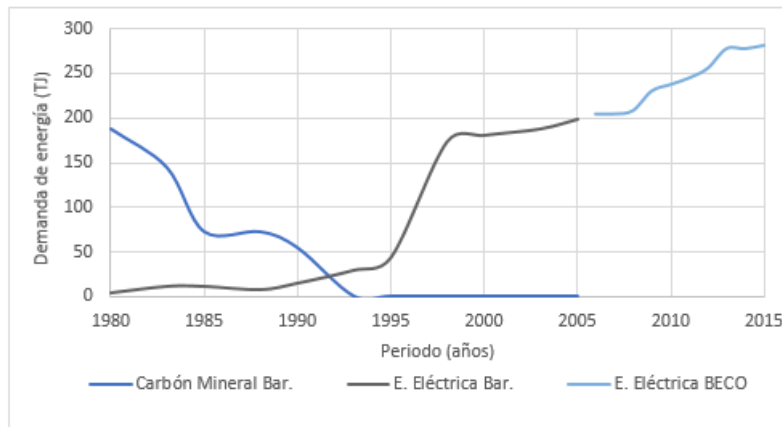


Figura 80. Variación de la demanda de carbón mineral y energía eléctrica  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

#### 7.2.1.1.4 Biocombustibles

Los biocombustibles muestran un aumento en su consumo a partir de 2005 alcanzando 1.250 TJ en 2013 según lo presentado por la IEA. (Ver Figura 81) Este comportamiento tiene su explicación en la aprobación de las leyes 693 y 939 en los años 2001 y 2004 respectivamente. La ley 693, marcó la entrada de Colombia en la nueva era mundial de los biocombustibles de origen vegetal, debido al atractivo económico en razón del Protocolo de Kyoto y la dinámica de precios internacionales del petróleo, estableciendo que las ciudades con más de 500 mil habitantes, como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, deberán utilizar gasolina en una mezcla 10 % de etanol. [24] La ley 939 por su parte, permitió ampliar el espectro en el uso de biocombustibles generando las condiciones para estimular la producción y comercialización de biocombustibles no solo de origen vegetal sino también de origen animal para su uso en motores diésel [25]

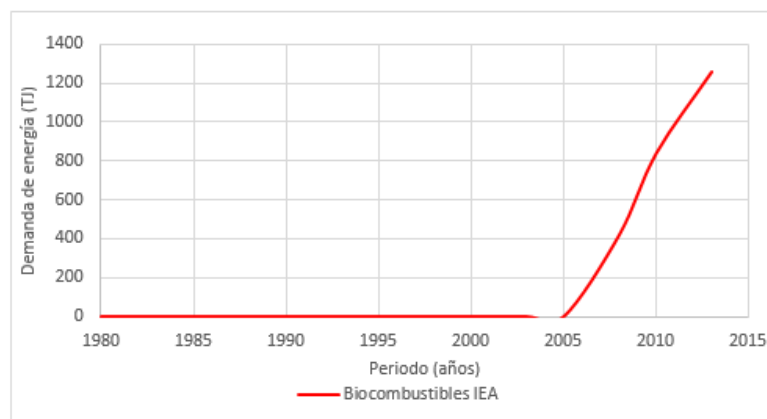


Figura 81. Variación de la demanda de biocombustibles  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA

#### 7.2.1.2 Subsector Transporte Terrestre

Las fuentes energéticas empleadas para el subsector transporte son como lo presenta la Figura 82, la gasolina motor, el diésel y el gas natural. Las tres fuentes energéticas presentan una tendencia casi constante a los largo del periodo comprendido entre 2006 y 2015. En los años 2006 y 2007 el consumo de gasolina es mayor que el de diésel en un 17 % y 6 % respectivamente. En 2008 estos

consumos son iguales en un valor de 150.000 TJ y desde 2009 la tendencia se invierte, presentándose mayor consumo de diésel que de gasolina alcanzando una diferencia máxima del 15 % en 2011. Posteriormente, el consumo se vuelve a igualar en 2015, pero esta vez en un valor de 200.500 TJ. Las razones de este comportamiento han sido previamente discutidas al analizar el consumo de diésel y gasolina en el sector en general.

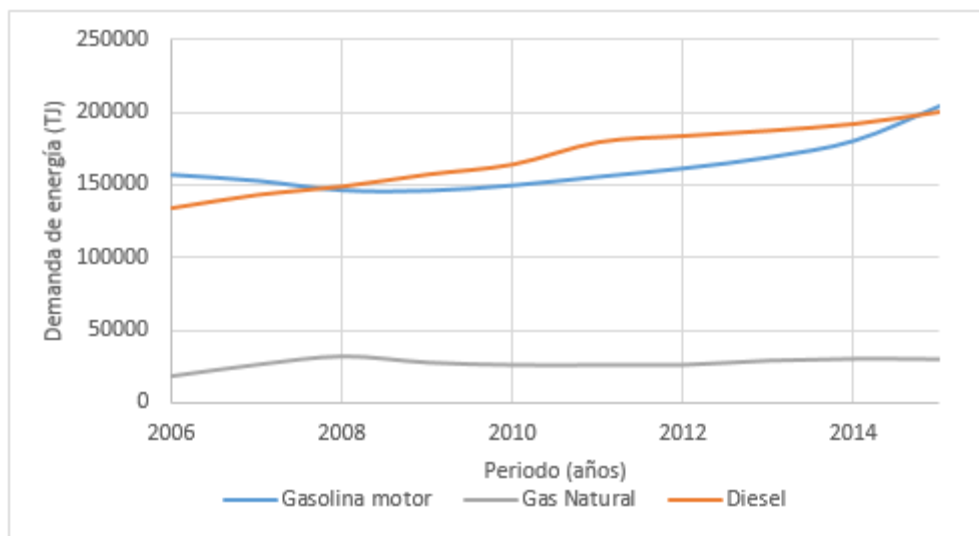


Figura 82. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte terrestre  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

### 7.2.1.3 Subsector Transporte Aéreo

Para el subsector de transporte aéreo existen dos fuentes energéticas principales: el kerosene y jet fuel y la gasolina motor. El kerosene representa el mayor consumo energético con valores desde 28000 TJ hasta 48000 TJ en 2006 y 2015 respectivamente, mientras que la gasolina motor supera levemente los 300 TJ/año. Analizando el comportamiento que tiene la demanda de kerosene, se ve en la Figura 83 que a partir del 2012 se da un aumento de un 43 %. Este crecimiento en la demanda se debe en gran medida a inicio de operaciones de VivaColombia, la primera aerolínea de bajo costo en el país [26]. VivaColombia ha influido directamente en el crecimiento del mercado y la activación del turismo nacional, al igual que en la demanda de kerosene, combustible empleado para abastecer la flota aérea con la que cuenta. Adicionalmente, según los datos presentados en el informe del Ministerio de Transporte del 2014 [27], el movimiento de pasajeros por transporte aéreo creció un 24 % de 2012 a 2014, lo cual también impacta directamente la demanda de kerosene.

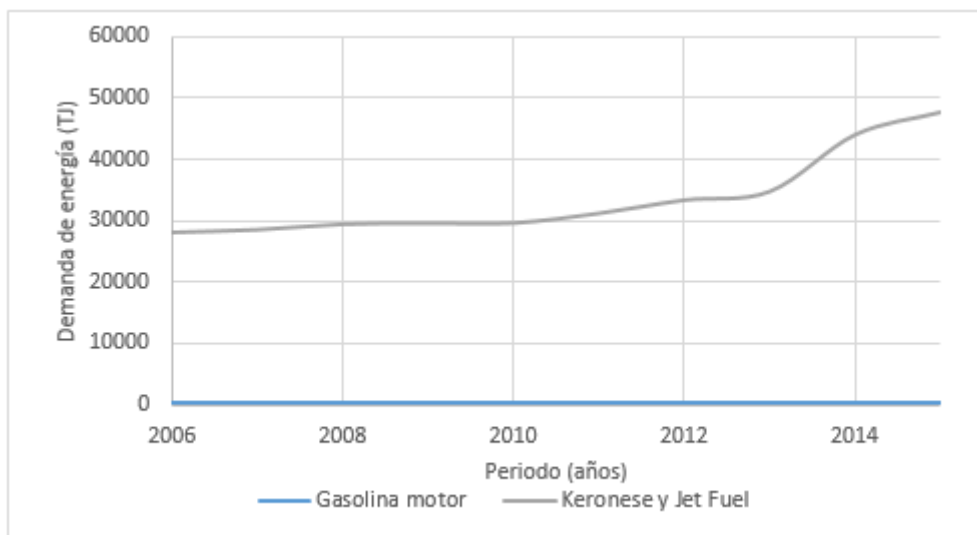


Figura 83. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte aéreo

Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

#### 7.2.1.4 Subsector Transporte Fluvial

Para el subsector de transporte fluvial (Figura 84) se tienen dos fuentes energéticas: el diésel y la gasolina motor. Para el periodo comprendido entre 2006 y 2010 el consumo de diésel y gasolina motor presenta valores muy cercanos alrededor de los 100 TJ/año. En el año 2011 se nota disminución en el consumo de gasolina motor y un incremento proporcional de diésel. A partir del 2012, ambas fuentes energéticas presentan una disminución de aproximadamente el 45% para ambos casos, alcanzando un valor de 100 TJ en 2015.

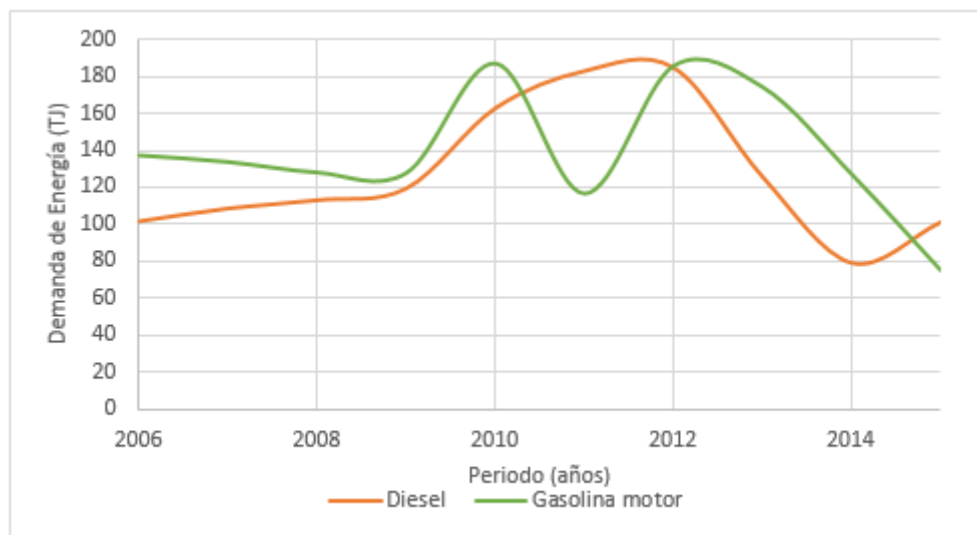


Figura 84. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte fluvial

Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

#### 7.2.1.5 Subsector Transporte Marítimo

El diésel y el fuel oil son las fuentes de consumo energético para el subsector de transporte marítimo. El consumo de diésel no presenta mayor variación desde el 2006 hasta el 2013 con valores

cercanos a los 2.000 TJ/año hasta el 2009 y a los 2.600 TJ/año después del 2010 en donde se observa una disminución del consumo llegando nuevamente a los 2000TJ en el 2013. A partir del 2013 se presenta un crecimiento exponencial llegando a un consumo de 4600 TJ en el 2015 como se ve en la Figura 85.

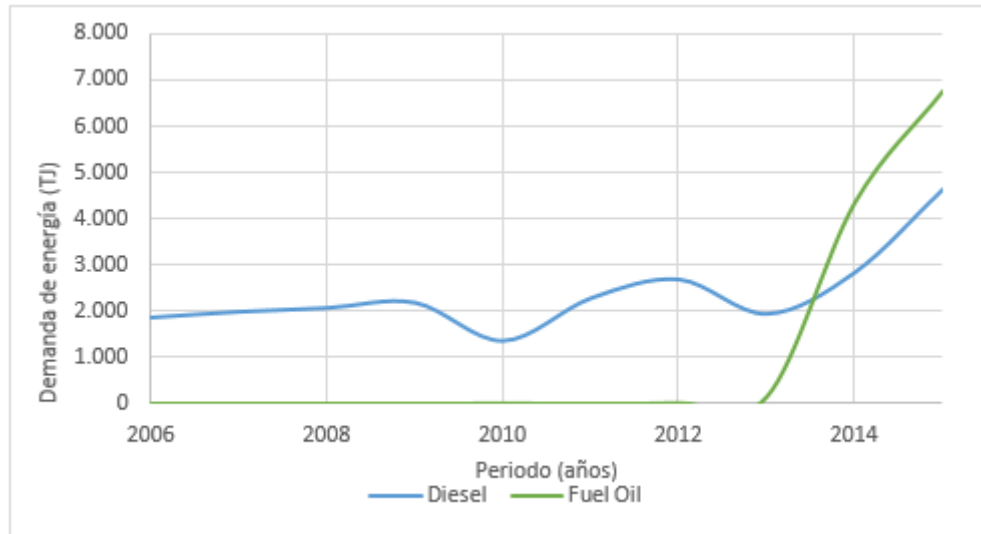


Figura 85. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte marítimo  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

En el caso del fuel oil, el consumo es prácticamente nulo desde el 2006 hasta el 2012, y a partir de 2013 se dispara el consumo llegando a valores de 4.300TJ y 6.700 TJ en 2014 y 2015 respectivamente.

#### 7.2.1.6 Subsector Transporte Ferroviario

En cuanto al subsector de transporte ferroviario se tiene una única fuente energética que corresponde a la energía eléctrica como lo presenta la Figura 86. El consumo no presenta gran variación a lo largo del periodo de 2006 a 2015, en donde se ve un aumento del 37 % iniciando en 2.04TJ reportados para el año 2006 hasta llegar a 2.80TJ en el 2015.

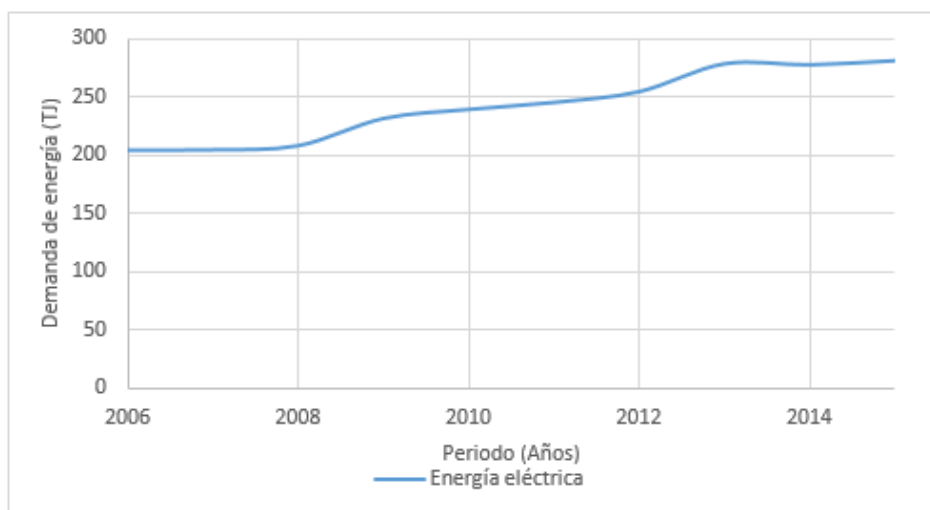


Figura 86. Variación de la demanda por fuente energética - subsector transporte ferroviario  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de BECO

A continuación, en la Tabla 15 y Figura 87 se muestran los principales hitos que tuvieron influencia en la variación de demanda de energía del sector transporte de 1980 a 2015.

Tabla 15. Principales hitos para el sector transporte

Fecha	Acontecimiento
1990s	Fenómeno de dieselización en el país
1998	Crisis económica en Colombia
1999	Política plena de sustitución de combustibles. Se logran importantes avances para consolidar el GNV como una alternativa de transporte
2001	Aprobación Ley 693 Entrada de Colombia en la era mundial de los Biocombustibles de origen vegetal Ley 939 Ampliación del espectro del uso de los biocombustibles tanto de origen vegetal como animal para su uso en motores diésel
2004	Estrategias para la dinamización y consolidación del GNV en Colombia. Bonos y descuentos para quienes hicieran uso de este combustible
2005	Importante conversión de autos para el uso de Gas Natural Vehicular
2007	Consumo mínimo de gasolina para la historia reciente del país ( 71079 BDP)
2008	Alza histórica en el precio del petróleo, superando los 100 dólares por barril
2009	La venta de vehículos en el país tuvo un punto mínimo
2012	Entrada de la 'VivaColombia al país

Fuente: Elaboración propia

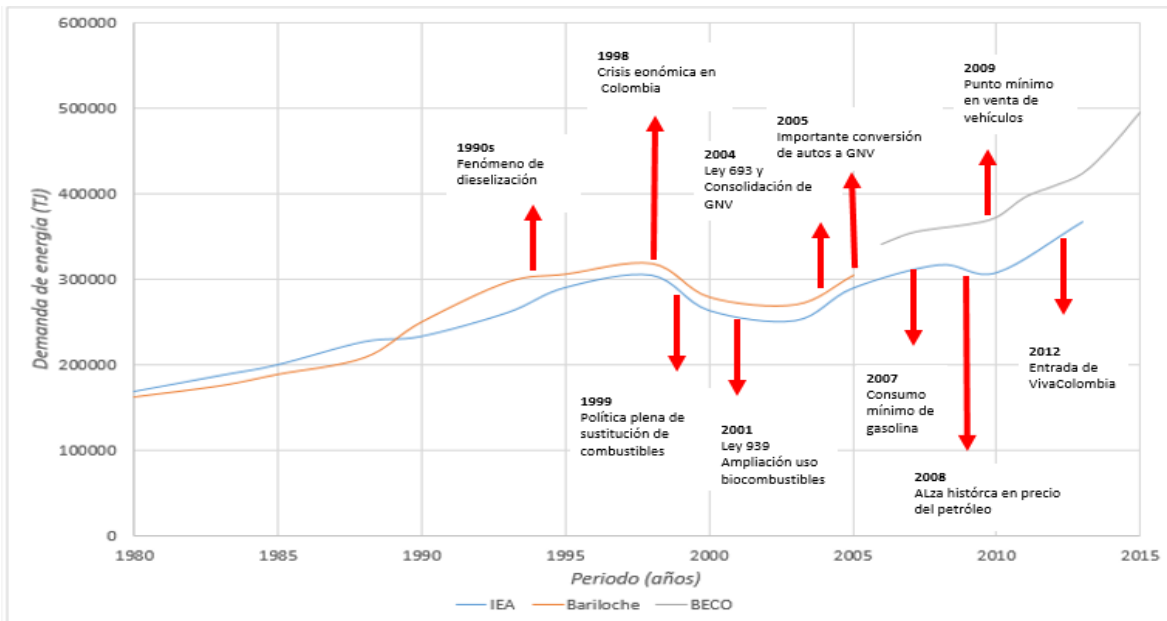


Figura 87. Línea del tiempo con principales hitos para el sector transporte  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

## 7.2.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector transporte a nivel nacional

### 7.2.2.1 Servicio Transporte terrestre

El consumo de energéticos en términos de dinero para el subsector de transporte terrestre presenta una tendencia de crecimiento lineal hasta el 2007. En el año 2008 se presenta un pico en el consumo de productos de refinación del petróleo, principal energético empleado, alcanzando los 9300 miles de millones de pesos, debido al alza histórica del precio del petróleo, en donde éste superó los 100 dólares por barril [28], lo cual se vio reflejado en el precio de los combustibles líquidos empleados principalmente para el sector transporte como lo muestra la Figura 88.

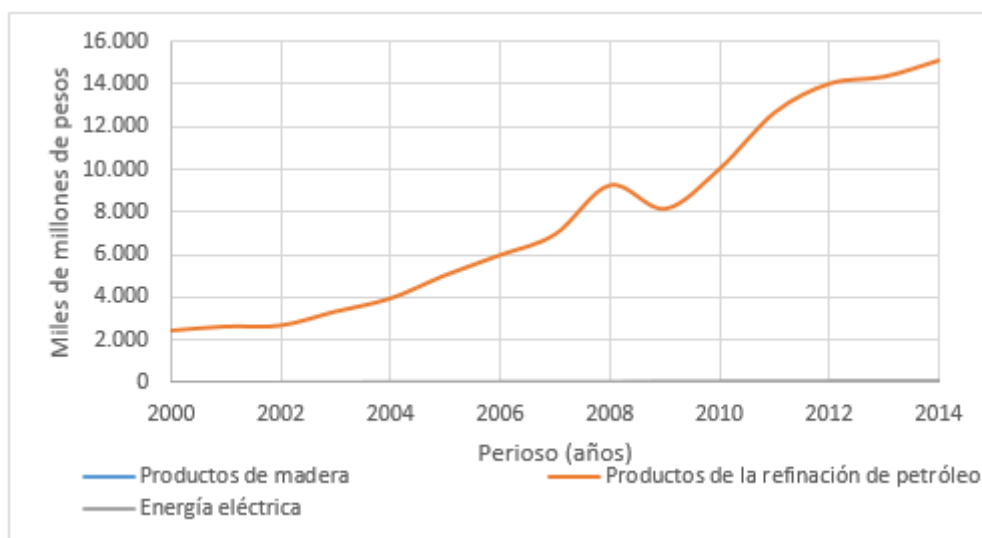


Figura 88. Variación del consumo subsector transporte terrestre  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE



La tendencia de consumo en término de dinero se muestra congruente con la variación del precio de combustibles líquidos como gasolina y ACPM mostrada en la Figura 89; para el año 2008 se presenta un pico en el precio, disminuyendo en 2009 para posteriormente aumentar un 28 % para la gasolina y del 33 % para el ACPM.

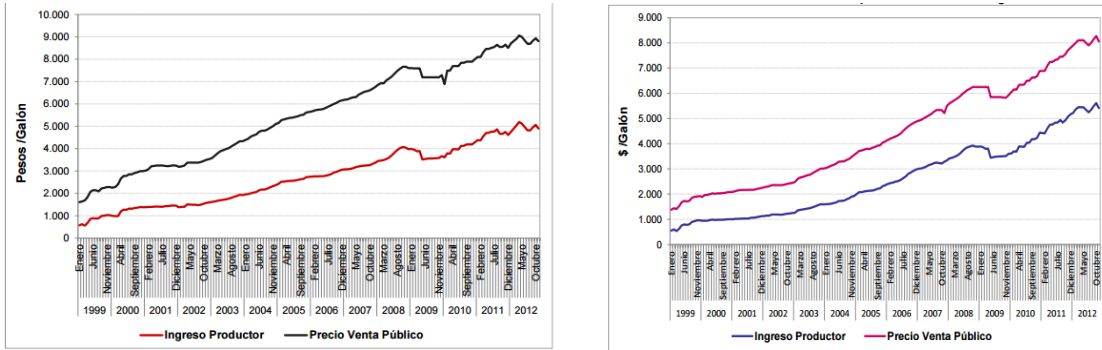


Figura 89. Evolución del precio de gasolina (izq.) y diesel (der.) en Bogotá  
Fuente: [29]

Las fuentes energéticas que se emplean y representan gasto económico para este subsector son los productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, la energía eléctrica, y los productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables. Los productos de la refinación del petróleo constituyen el mayor gasto económico con porcentajes alrededor del 90 % con relación al total de fuentes energéticas. El pico de participación se presenta en 2008 y los menores porcentajes de participación en los años 2002 y 2003 como se ve en la Figura 90.

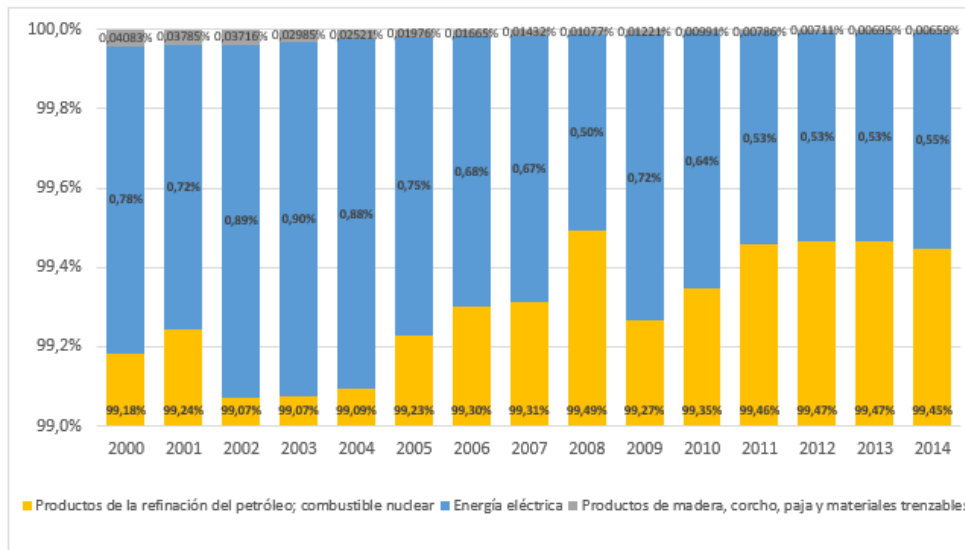


Figura 90. Variación del porcentaje de participación de los energéticos - subsector transporte terrestre  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz insumo producto DANE

Los productos de madera, corcho, paja y materiales, es decir la biomasa, tiene un porcentaje de participación que no excede el 0,05 % con relación a todas las fuentes energéticas, superado por la energía eléctrica que aunque se posiciona en segundo lugar, su porcentaje de participación no excede el 1 %.

Los productos de la refinación; combustible nuclear, los servicios de reparación de automotores, de artículos personales y domésticos, y los servicios complementarios y auxiliares al transporte representan el mayor gasto económico del subsector con cifras que van desde 2500 hasta 15000, 1600 a 4800 y 600 hasta 2800 miles de millones de pesos respectivamente. El porcentaje de participación de los productos de la refinación de petróleo ha aumentado de 37,57 % en 2000 hasta 52,06 % en 2014 como lo muestra la Figura 91.

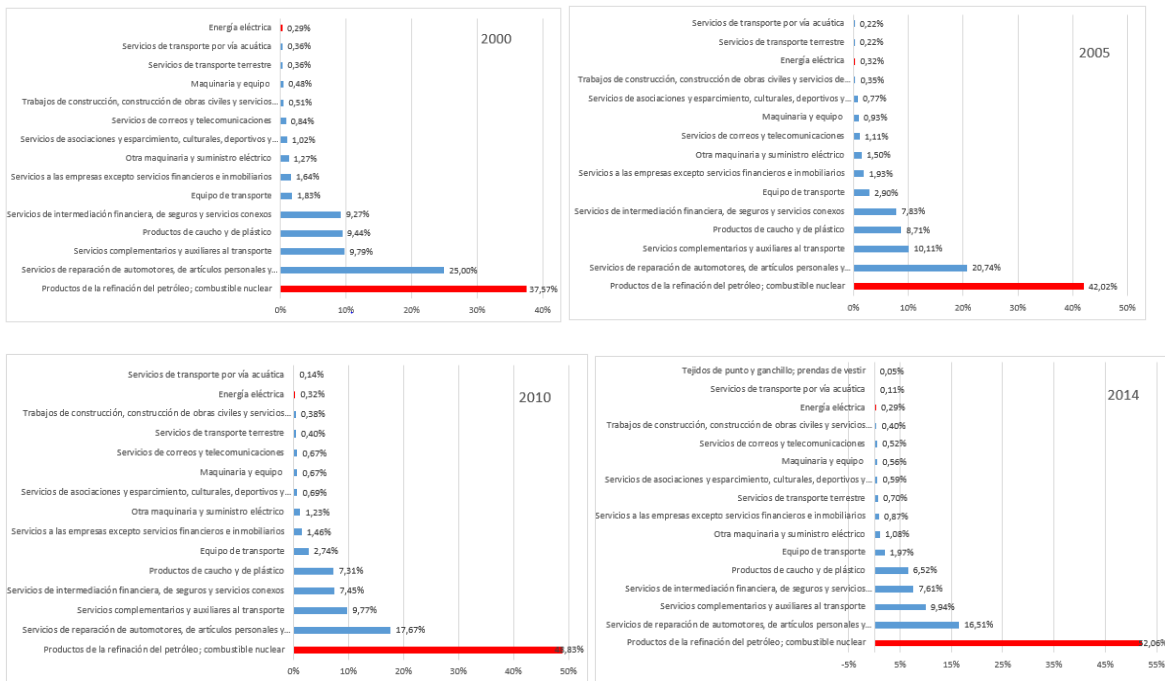


Figura 91. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte terrestre

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.2.2.2 Servicio Transporte por vía acuática

Para el subsector de transporte por vía acuática, se encuentra una única fuente energética que representa gasto económico: los productos de refinación de petróleo. La tendencia desde el año 2000 hasta el 2014 de gasto económico en esta fuente energética es creciente con algunos picos ligeros alcanzando cifras de 134, 235, y 369 millones de pesos en 2001, 2005 y 2008 respectivamente tal y como lo presenta la Figura 92.



Figura 92. Variación del consumo subsector transporte vía acuática  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Los servicios de transporte por vía acuática, los servicios complementarios y auxiliares al transporte, y los productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, representan el mayor porcentaje de participación para este subsector. Los productos de refinación del petróleo y combustible nuclear se posicionan en primer lugar a excepción del año 2000, donde los servicios de transporte por vía acuática tienen un porcentaje de participación de 46,97 % por encima del 23,82 % correspondiente a los productos de refinación de petróleo y combustible nuclear (Ver Figura 93).



Figura 93. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte acuático

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.2.2.3 Servicio Transporte por vía aérea

Los principales productos o servicios que representan un gasto económico importante para el subsector de transporte por vía aérea en el periodo comprendido entre el 2000 y 2014 son los servicios complementarios y auxiliares al transporte, los productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear y los servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios como se ve en la Figura 94.

El porcentaje de participación de estos productos o servicios varía ligeramente año tras año. Los servicios complementarios y auxiliares al transporte representan el mayor consumo del subsector de transporte por vía aérea para el año 2000 con un porcentaje de participación de 25,70%.

Para los años 2005, 2010 y 2014 los productos de refinación de petróleo y combustible nuclear desplazan los servicios complementarios al transporte, posicionándose en el primer lugar con un porcentaje de participación de 31,27 %, 34,33 % y 35,63 %.

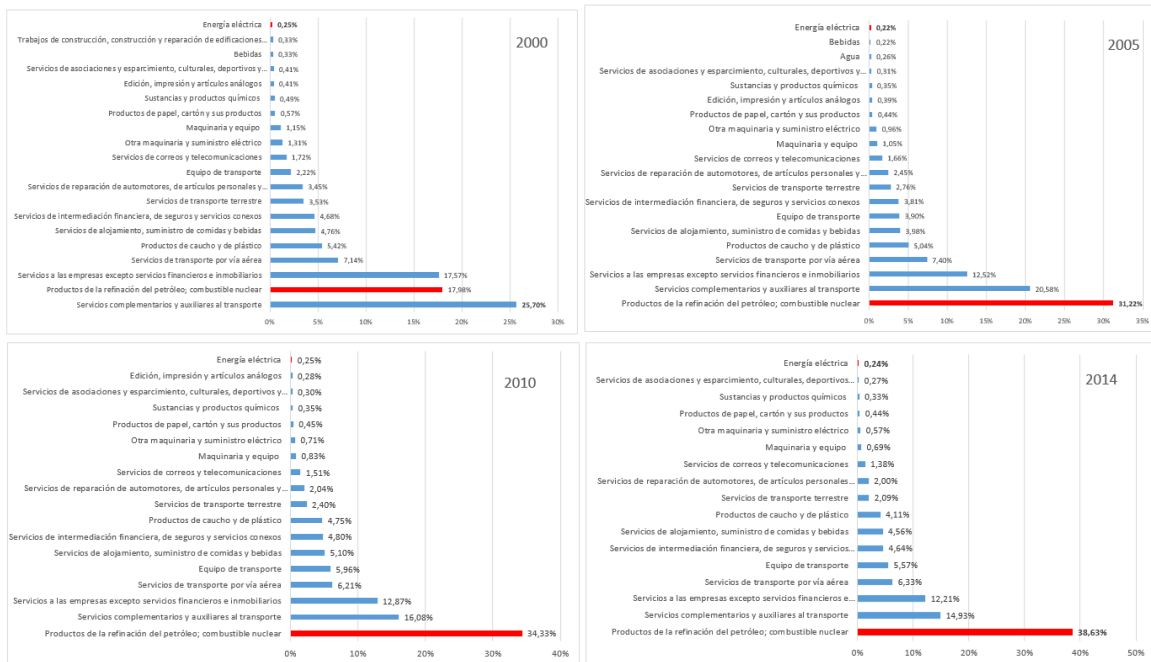


Figura 94. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto subsector transporte por vía aérea

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

En términos de fuentes energéticas, los productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear y la energía eléctrica, son las únicas fuentes energéticas que representan un gasto económico para el sector de transporte por vía aérea. La Figura 95 permite observar que el consumo en productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear presenta un pico que alcanza un valor de 1.290 miles de millones de pesos en 2008, producto del alza en el precio del petróleo y por ende de los combustibles líquidos que se experimentó en dicho año.

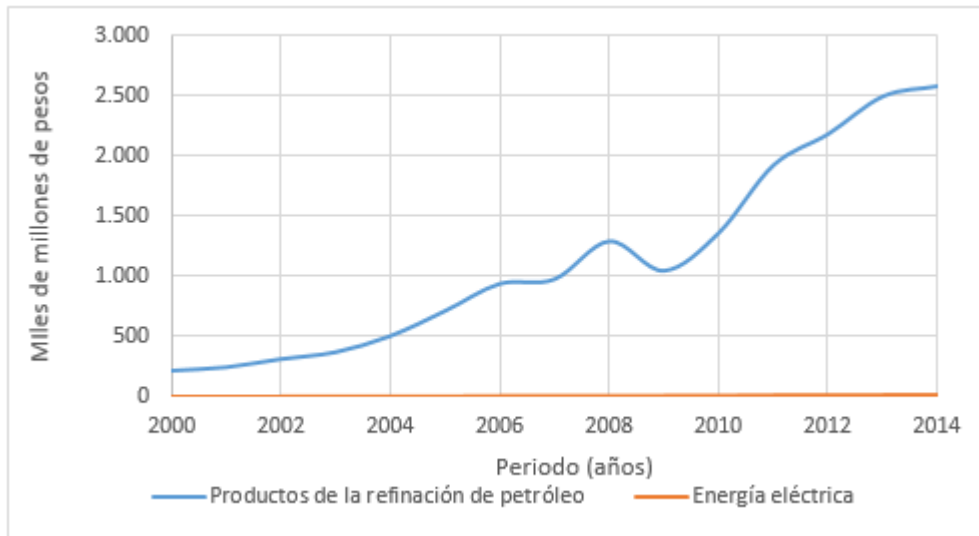


Figura 95. Variación del consumo en dinero subsector transporte vía aérea  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

El porcentaje de gasto económico para los productos de refinación del petróleo con referencia al gasto económico en todas las fuentes energéticas se encuentra entre el 98 y 99 % durante el periodo comprendido entre el año 2000 y el año 2015 como lo muestra la Figura 96. En el año 2008 se da la mayor participación de esta fuente energética llegando al 99,46 % debido al pico en el precio del petróleo presentado en este año.

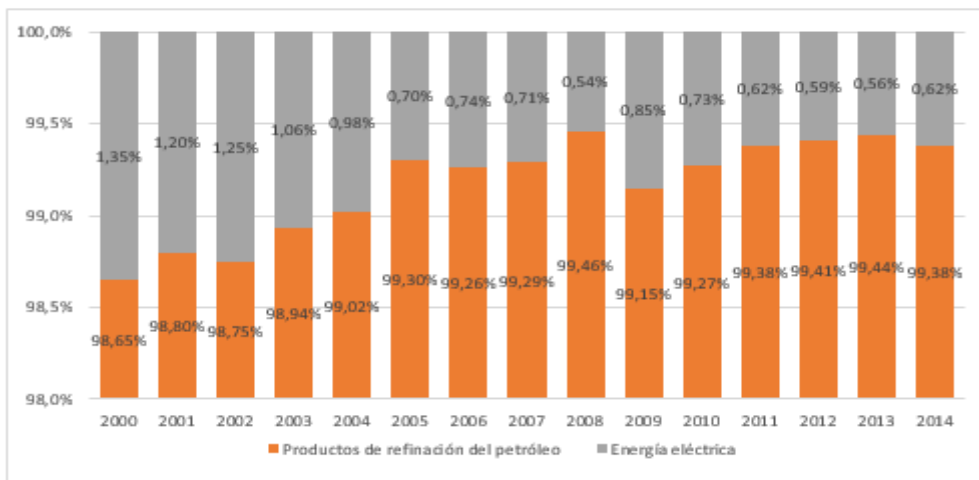


Figura 96. Variación del porcentaje de participación de los energéticos - subsector transporte aéreo  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

## 7.2.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector transporte con el contexto internacional

### 7.2.3.1 Caso Colombia

El sector de transporte tiene gran importancia en el consumo energético total y ha ganado importancia en los últimos años, como lo muestra la Figura 97 en donde se puede observar cómo el porcentaje de participación de éste sector ha aumentado.

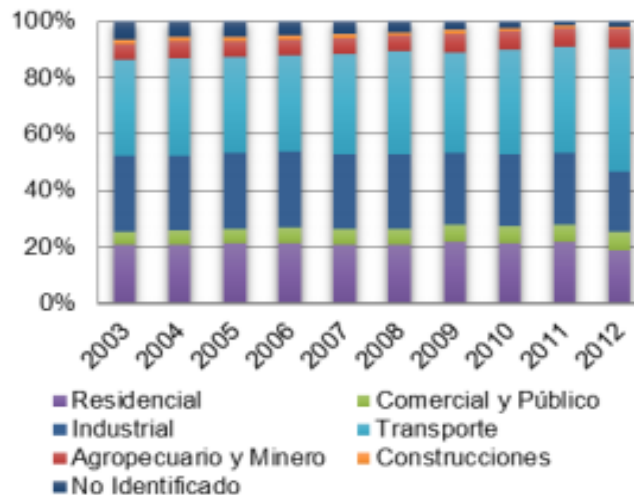


Figura 97. Distribución de consumo de energía total efectiva por sector  
Fuente: [30]

Al realizar un análisis del consumo energético del sector de transporte en Colombia, dicha demanda del sector transporte está marcada por el subsector transporte terrestre, de manera que tanto la oferta como demanda de bienes y servicios estará muy asociada con aquella dirigida a este subsector.

Para el 2011 los productos de refinación de petróleo, coque y combustible nuclear representan el mayor consumo económico del sector con un 23,98 % del total, lo que equivale a 3814,4 millones de dólares. Los servicios de transporte y almacenamiento se encuentran en segundo lugar con un gasto 3398,8 millones de dólares, correspondiente al 21,37 %; y en tercer lugar se posiciona el comercio mayorista y minorista y reparaciones con una participación del 14,7 % equivalente a 2338,5 millones de dólares. La intermediación financiera también constituye un gasto importante dentro del sector de 1343,5 millones de dólares, es decir el 8,45 % de los recursos invertidos.

Por otro, hablando de los servicios que el sector provee, se puede evidenciar que el mismo sector de transporte y almacenamiento es su principal demandante, seguido por sectores como el de ventas, intercambio y reparación, alimentos bebidas y tabaco, minería, construcción y agricultura, caza, silvicultura, y pesca, los cuales requieren del sector transporte para el desarrollo de sus procesos.

En términos generales, se requiere más del sector de transporte y almacenamiento que lo que el sector requiere de los demás sectores productivos, con una diferencia de 2814,6 millones de dólares.

### 7.2.3.2 Caso Chile

El sector de transporte en Chile para el año 2010 correspondió al 7 % del producto interno bruto del país, demandó el 25 % de la energía total consumida y representó el 36 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> [31]. Se tiene además que al igual que en Colombia, el transporte terrestre tiene gran importancia, ya que los camiones son el principal medio que se emplea como transporte de carga a nivel tanto nacional como internacional y el desplazamiento interurbano de la mayoría de los pasajeros es de forma terrestre a través de carreteras.

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta congruente, que como lo presenta la matriz insumo producto de este país, el mayor consumo en términos económicos sea para los productos de refinación del petróleo, coque y combustible nuclear, representando un 32,47 % del consumo total, lo que equivale a 6150, 7 millones de dólares. Si se comparan estas cifras con las reportadas para el caso colombiano, se puede notar que aunque en términos porcentuales la demanda de combustible es similar, al traducirse a dólares, la demanda chilena es 1,6 veces mayor que la colombiana aun cuando su población para el 2010 fue de 17,09 millones de habitantes contra los 45,5 millones de habitantes de Colombia para el mismo año. Como se puede observar en la Figura 98, la tasa de motorización para Chile se encuentra entre los 150 a 200 vehículos motorizados por cada 1000 habitantes, mientras que la tasa para Colombia está entre 70 y 90, lo cual explica la diferencia del gasto asociado con productos de la refinación del petróleo entre estos dos países.

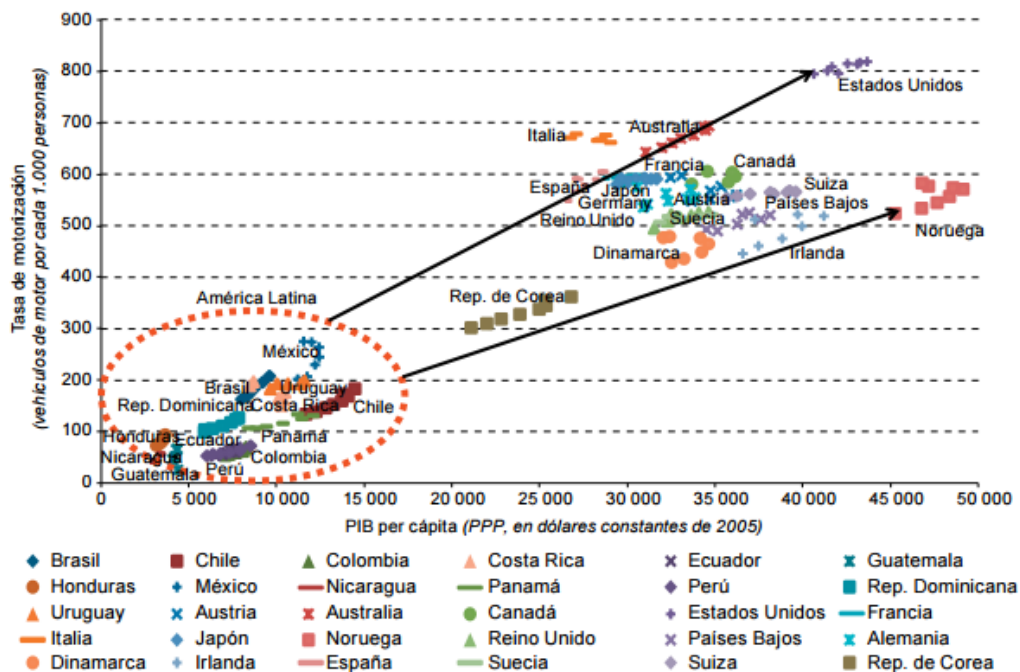


Figura 98. Relación entre la tasa de motorización y el PIB per cápita en países desarrollados y países de América Latina, 2003-2010 (En vehículos motos por 1000 personas y dólares PPA a precios constantes de 2005)

Fuente: [32]



En segundo y tercer lugar se tiene, al igual que para Colombia, transporte y almacenamiento, y comercio mayorista y minorista y reparaciones, con un gasto económico de 6007,5 y 1445,9 millones de dólares que representan el 31,73% y 7,64 % respectivamente. De lo anterior resulta claro, que el sector transporte para Chile demanda más del mismo sector en comparación con Colombia

Si se analiza por el lado de la oferta, se tiene que además del mismo sector, los sectores que demandan de los servicios de transporte y almacenamiento, son el de comercio mayorista y minorista y reparaciones y el de alimentos bebidas y tabaco.

### 7.2.3.3 Caso Alemania

La matriz insumo producto para Alemania muestra una gran diferencia respecto a la de Colombia; por una parte, el gasto total económico del sector es 12,4 veces mayor que el de Colombia, llegando a 197378,4 millones de dólares, demostrando de esta manera la calidad de país primermundista. Por otro lado y como lo presenta la, el mismo sector de transporte y almacenamiento, que en el caso colombiano se posicionada en segundo lugar, en Alemania es el que representa el mayor gasto económico con el 52,85 % que corresponde a 104315,7 millones de dólares, seguido por los productos de la refinación de petróleo, coque y combustible nuclear con el 9,05 % y en tercer lugar investigación y desarrollo con 5,57 % del total, lo que equivale a 17870,2 y 10991 millones de dólares respectivamente.

Lo anterior permite evidenciar cómo Alemania, dirige una parte importante de sus recursos en la investigación y desarrollo en sectores productivos como lo es el transporte. Existen diversos programas de investigación y desarrollo orientados a apoyar tecnologías alternativas promover la movilidad eléctrica [33], lo cual se ve reflejado en la mayor demanda de electricidad de este país para el sector transporte, que alcanza 2757, 7 millones de dólares, en comparación a los 483,3 miles de millones para el caso colombiano. Según el informe de movilidad y estrategia de combustibles del Gobierno Alemán [34], el 86 % del servicio de transporte ferroviario de pasajeros es eléctrico, el 60% del servicio de transporte público de pasajeros está provisto por trenes subterráneos eléctricos y trolebuses. Sin embargo no se esperan grandes cambios en términos de fuentes energéticas en el sector transporte sino hasta 2020, por lo que el mercado seguirá estando liderado por los derivados del petróleo, gas natural y LGP.

Del total de recursos energéticos consumidos en el sector, el 82 % va dirigido al transporte terrestre. En cuanto a la evolución de la tasa de motorización, Alemania ha mostrado un gran aumento a través de los años pasando de 71 vehículos motorizados por cada 1000 habitante en 1960 a 553 en 2010 [34] como resultado global del desarrollo de países industrializados, sin embargo también se han desarrollado servicios de auto compartido y préstamo de bicicletas en las ciudades.

Desde la parte de la oferta, se tiene que al igual que Colombia, los tres sectores más demandantes de servicios de transporte son, el mismo transporte y almacenamiento, el comercio mayorista y minorista y reparaciones, alimentos bebidas y tabaco con porcentajes de 41,21 %, 23,45 % y 4,07% respectivamente.



#### 7.2.3.4 Caso Irlanda

El sector de transporte en Irlanda es el principal demandante de energía primaria como se muestra en la Figura 99 con un 33 % del total de la demanda y el principal consumidor de energía final con una participación del 40 % [35]. El crecimiento de la demanda energética del sector está estrechamente relacionado con la actividad económica del país, mostrando un aumento de 110,7% desde 1990 hasta 2013 pasando de 2 a 4 Mtoe.

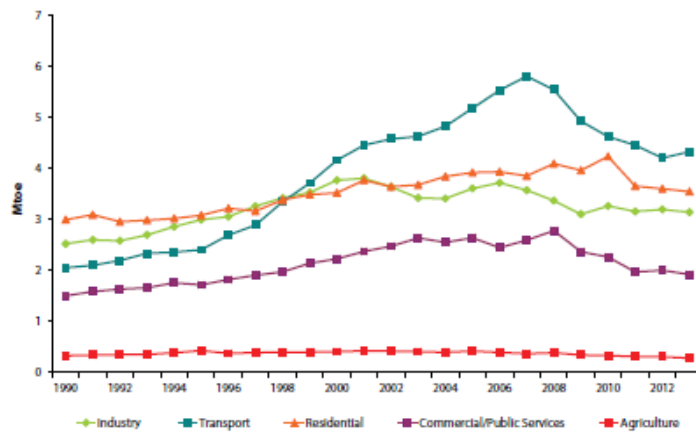


Figura 99 Demanda energética de energía primaria por sector en Irlanda 2013

Fuente: [35]

La matriz insumo producto para este país presenta los mismos tres sectores de mayor demanda económica que Alemania pero posicionados de manera diferente: en primer lugar está transporte y almacenamiento, seguido por investigación y desarrollo y productos de la refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares en tercer lugar.

El sector transporte es dependiente de los productos de refinación, teniendo en 2013 una dependencia de 97,5 % de estos productos, los cuales en su totalidad fueron importados [35], lo que es congruente con el tercer lugar en la demanda económica que corresponde a los productos de refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares con una participación de 5,51 % lo que equivale a 884,2 millones de dólares.

La tasa de motorización de Irlanda se encuentra alrededor de los 450 vehículos por cada 1000 habitantes, 4 veces mayor a la de Colombia. El porcentaje de productos de refinación de petróleo, coque combustibles nucleares es de 5,51 % lo cual corresponde a 884 millones de dólares. Dentro de los productos de refinación, el más representante es el diésel con una participación de 55,3 %, seguido por gasolina y kerosene, como lo muestra la Figura 100.

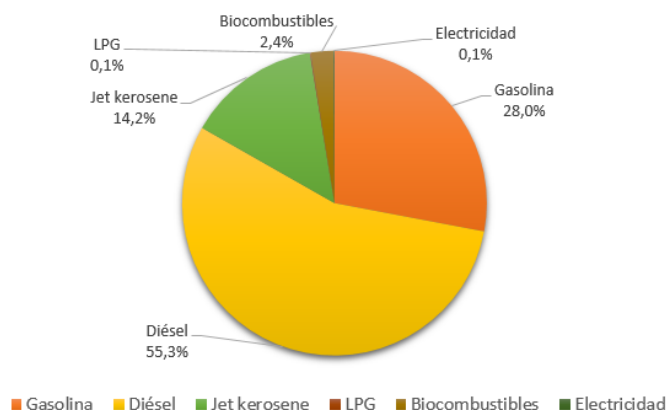


Figura 100. Participación de la demanda final de energía para el sector transporte en Irlanda por tipo de combustible para el 2013

Fuente: [35]

El total de gasto económico del sector es muy similar al de Colombia, el cual se encuentra cercano a los 16000 millones de dólares.

En cuanto a los sectores demandantes de servicios de transporte y almacenamiento, se tiene en primer lugar el mismo sector de transporte y almacenamiento con 6626,2 millones de dólares, el 43,65 % del total. El comercio minorista y mayorista se posiciona en segundo lugar con una participación de 11,98% o 1817,7 millones de dólares, y en tercer lugar se encuentra el alquiler de maquinaria y equipo, sector que debido a su naturaleza requiere un continuo servicio tanto de transporte como de almacenamiento por un monto de 1340 millones de dólares que equivalen al 8,33 % de la oferta del sector.

#### 7.2.3.5 Caso Israel

Para Israel, la matriz insumo producto muestra que el sector transporte demandó un total de 12904 millones de dólares en 2011, de los cuales 7838,7 fueron destinados para transporte y almacenamiento como principal demandante teniendo un 60,74 % del total del gasto económico, seguido por la intermediación financiera con 1180 millones de dólares, que representan el 9,14 % y en tercer lugar fue para investigación y desarrollo y otras actividades financieras con un 8,98 % que equivalen a 1158 millones de dólares. Los productos de la refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares, para este caso se posicionan en sexto lugar con un gasto económico de 374 millones de dólares correspondientes a un 2,90 % del total. Los productos de refinación de petróleo por su parte constituyen el 46% de la demanda de fuentes energéticas primarias mientras que el carbón constituye el 37 %, demostrando la alta dependencia que tiene este país con los combustibles fósiles. [36]

En el caso de la oferta, se puede evidenciar que además del mismo sector de transporte y almacenamiento que representa el 40,49 %, el comercio mayorista y minorista y reparaciones, y la administración pública y defensa y seguridad social requieren en gran medida los servicios del sector con un requerimiento de 12,82 y 5,62 % equivalente a 2481,5 y 1088,5 millones de dólares respectivamente.

### 7.2.3.6 Caso Corea del Sur

Según lo presentado por la Agencia Internacional de Energía en su revisión de 2012 [37], Corea del Sur se posiciona como la treceava economía más importante del mundo y es el séptimo país con mayor número de exportaciones. En términos energéticos, es el onceavo país con mayor consumo y el quinto en cuanto a volumen de importaciones.

Un aspecto a rescatar acerca de este país, es que a diferencia de la mayoría de los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), tras la crisis financiera que se vivió a nivel mundial en 2008, la economía coreana tuvo una importante recuperación y crecimiento en especial en la última década.

La matriz insumo producto para Corea del Sur permite observar que, al igual que las matrices para Colombia y Chile, el mayor gasto económico no corresponde para el mismo sector de transporte y almacenamiento sino a los productos de refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares con un porcentaje de 30,61, lo que equivale a 21471 millones de dólares, evidenciándose de esta forma que se trata de una nación energéticamente intensiva.

El suministro de energía primaria está dominado por petróleo y coque y en menor medida por energía nuclear y gas natural. Debido a la limitada disponibilidad de recursos naturales con la que cuenta el país, depende fuertemente de la importación de fuentes externas de energía al tener una muy baja participación de energías renovables en la matriz energética. Después de China y Japón, Corea del Sur es el mayor importador de petróleo crudo en Asia y la Corporación de Gas de Corea del Sur KOGAS es el comprador más grande de gas natural licuado en el mundo. [37]. El sector transporte, después del sector industrial, es el sector de mayor demanda de energía final, con un consumo de 30,6 Mtoe representa el 19,4 % del total energía final consumida que en 2010 fue de 157,4 Mtoe, como se muestra en la Figura 101.

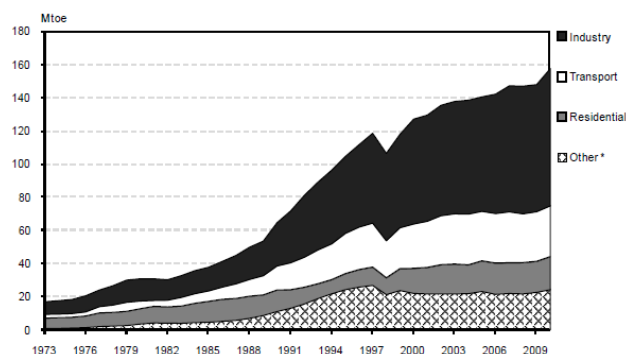


Figura 101. Consumo final por sector en Corea del Sur 1973-2010

Fuente: [37]

En segundo lugar de gasto económico se encuentran el transporte y almacenamiento con una participación de 29,74 % correspondiente a 20843 millones de dólares y en tercer lugar otros equipos de transporte con 4857 millones de dólares, es decir el 6,92 % de la demanda total del sector.

La investigación y desarrollo también juega un papel importante en la demanda económica del sector, con un gasto de 3789 millones de dólares, lo que se muestra congruente con la importancia

que se le ha dado a este aspecto dentro de la política energética. El gobierno coreano invirtió en 2010 alrededor de 600 billones de wones para investigación relacionada con energía no únicamente para el sector de transporte sino en términos generales, en donde se consideraron planes estratégicos para penetración de nuevas tecnologías en el mercado, cooperación internacional y colaboración con el sector privado entre otros aspectos. [37] En cuanto a los sectores que demandan de servicios de transporte y almacenamiento se tienen en primer lugar el mismo sector de transporte y almacenamiento con el 24,40 %, en segundo lugar comercio mayorista y minorista y reparaciones con un 19,48 % y en tercer lugar el sector de metales básicos con 5,48%.

### 7.2.3.7 Caso México

El sector de transporte es el más mayor consumidor final de energía en México como lo muestra la Figura 102 con casi el 50 % del total de la energía consumida en el país para el 2010.

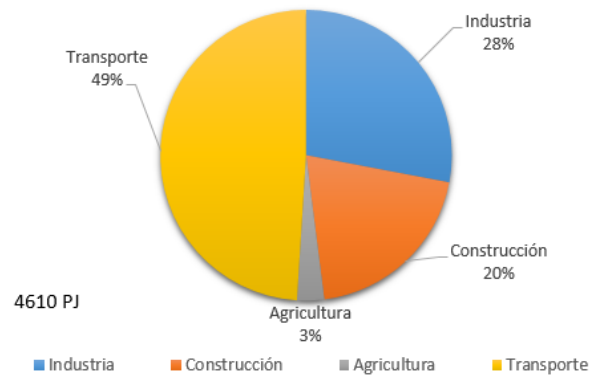


Figura 102. Consumo de energía final por sector en México para 2010  
Fuente: [38]

La matriz insumo producto mexicana es la más similar a la colombiana en términos generales, presentando como mayor gasto económico los productos de refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares con un porcentaje de 34,82 % lo que equivale a 14074 millones de dólares.

En el caso de México, como para la mayoría de los países, el transporte terrestre es el más representativo con una participación en 2010 de 92,1%. La tasa de motorización por su parte, es de alrededor de 250 vehículos por cada 1000 habitantes, siendo la tasa más alta para América Latina. La inversión en el sector transporte ha sido importante en especial desde mediados de 2013, momento en el que el presidente Enrique Peña anunció el Pan de Inversión de Infraestructura de Transporte y Comunicación. De los 99,6 miles de millones de dólares (TMD) invertidos en este plan, 45,3 TMD se destinaron al sector transporte, los cuales se emplearon tal y como muestra la Figura 103 principalmente en carreteras y ferrocarriles

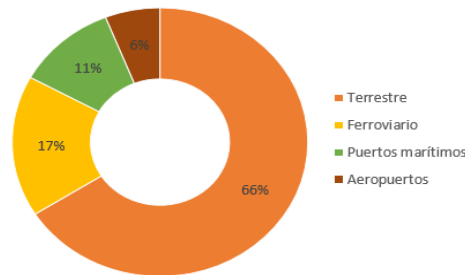


Figura 103. Estructura de la inversión en la infraestructura del sector transporte en México  
Fuente: [39]

La gasolina y el diésel son las fuentes energéticas con mayor demanda dentro del sector de transporte terrestre, seguido del gas natural licuado con participaciones de 72 %, 25,9 % y 2 % respectivamente [38] En segundo y tercer lugar se tienen comercio mayorista y minorista con un 13,78 % e investigación y desarrollo y otras actividades de negocio con un 13,94 % lo que se traduce en 5636 y 5570 millones de dólares respectivamente. Además del sector mismo, el sector de alimentos, bebidas y tabaco requiere de los servicios de transporte y almacenamiento con un gasto de 4049,5 y 3748 millones de dólares respectivamente. El sector de comercio mayorista y minorista requiere de igual forma de los servicios del sector transporte de este país, con una demanda 3207,7 millones de dólares, lo que equivale a 9,78 %, lo que lo posiciona en tercer lugar. Lo anterior se debe a las condiciones de frontera que posee con la economía más grande del mundo, Estados Unidos. Se tratan de 3000 km de frontera que, en adición con los 9600 km de costas y 12 acuerdos comerciales con 44 países, permiten que México tenga un papel protagonista en lo relacionado con el comercio y logística. [40]

#### 7.2.3.8 Caso Singapur

El sector transporte en Singapur es, después del sector industrial, el segundo sector con mayor demanda energética del país como lo muestra la Figura 104 y demanda tanto productos de la refinación de petróleo como electricidad, sin embargo el porcentaje de participación de la electricidad para este fin es muy bajo.

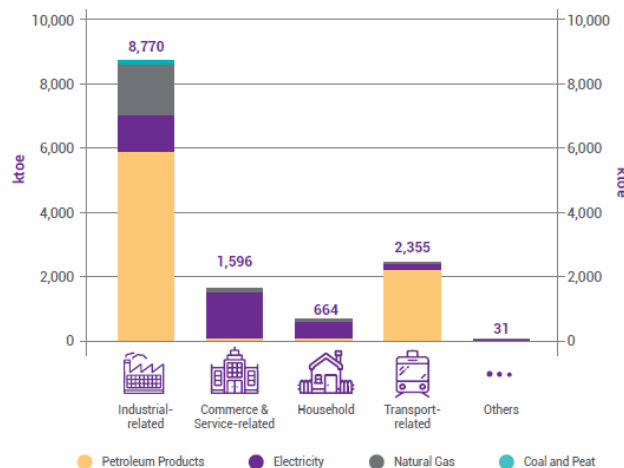


Figura 104. Consumo de energía final por sector y productos energéticos para 2013 en Singapur  
Fuente: [41]

La matriz insumo producto para el caso de Singapur por un lado presenta para el sector transporte un gasto 3 veces mayor en comparación con el gasto en Colombia y por otro lado es muy similar a la de Alemania, demandando en primer lugar del mismo sector de transporte y almacenamiento con un porcentaje de participación de 51,31 %. Se tiene que también demanda en alta medida de los productos de refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares en segundo lugar, con un gasto de que corresponde al 13,66 %. De igual forma requiere de los servicios del sector de comercio mayorista y minorista con un 10,95 %. Debido a los limitados recursos con los que cuenta el país, la mayoría del combustible demandado en el país es importado. Analizando las fuentes energéticas que se demandan para el sector (Figura 105) se puede observar que el gas natural no tiene tanta importancia como la tienen los productos de petróleo.

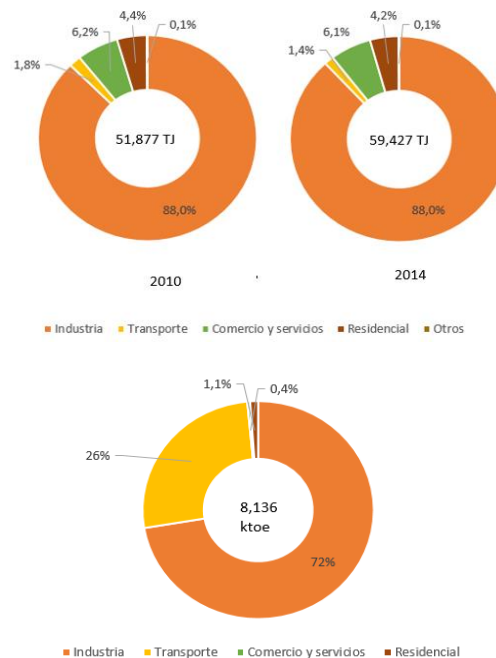


Figura 105. Consumo de gas natural (arriba) y petróleo para 2013 (abajo) por sector  
Fuente: [41]

Aparte del mismo sector, los principales sectores demandantes de los servicios de transporte y almacenamiento son el de comercio mayorista y minorista con una participación de 24,27 % y el sector de cómputo, electrónica y equipo óptico con un 5,84 %.

### 7.2.3.9 Caso España

La demanda de energía primaria en España ha estado liderada en las últimas décadas por el sector energético, seguido del sector transporte como se muestra en la Figura 106, mostrando la importancia del sector en términos energéticos.

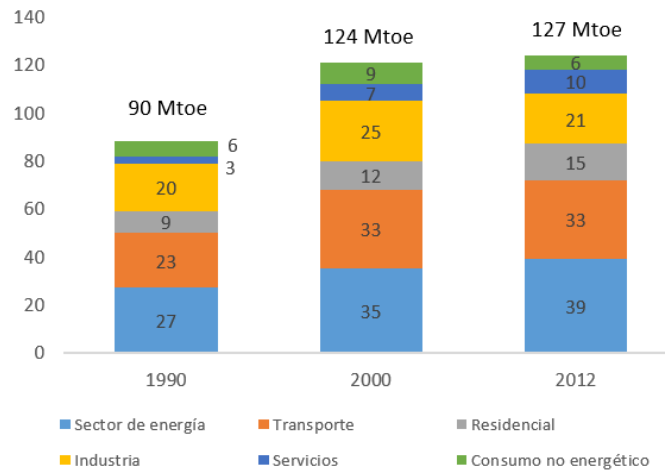


Figura 106. Consumo de energía primaria por sector para España  
Fuente: [42]

Al analizar la matriz insumo producto para España, se puede observar que el sector transporte en este país demanda de los mismos insumos o servicios que Colombia, siendo estos el mismo sector de transporte y almacenamiento, los productos de refinación de petróleo, coque y combustible nuclear y el comercio mayorista y minorista con porcentajes de participación de 43,35 %, 12,61 % y 6,93 % que corresponde a 37886, 11021 y 6057 miles de dólares respectivamente.

La tasa de motorización para España está alrededor de los 600 vehículos por cada 1000 habitantes, tasa que es 6 veces mayor a la reportada para Colombia, lo que se muestra congruente la diferencia marcada en el gasto destinado a los productos de la refinación del petróleo, de 11020 contra 3814 millones de dólares.

Por otra parte los sectores de transporte, comercio, y alimentos, bebidas y tabaco, son aquellos que requieren del sector de transporte con porcentajes de participación de 36,70 %, 18,02 % y 7,15% respectivamente.

#### 7.2.3.10 Participación del sector transporte en el PIB

La Figura 107 presenta la participación del PIB del sector de transporte y almacenamiento dentro del PIB nacional. Se puede observar que Singapur es el país en donde mayor participación tiene el sector dentro del PIB nacional con 10,6% correspondiente a 75666,6 millones de dólares; por otro lado el sector transporte en países como Chile, México y España tiene un porcentaje de participación similar alrededor de 6,5 %, siendo Chile el que mayor participación muestra con 6,7 %, lo que corresponde a 30872,8 millones de dólares.

Colombia por su parte, posee un porcentaje de participación de 5,3 %, valor similar al que presenta Israel de 5,4 %, sin embargo si se analiza en términos de dinero, el PIB del sector transporte en Colombia es mayor que el de Israel, con 30006,2 millones de dólares para Colombia contra 23423,8 millones de dólares para Israel.

Alemania, Irlanda y Corea del sur presentan porcentajes de participación inferiores al 5% indicando que el sector de transporte no tiene tanta relevancia dentro del PIB nacional, sin embargo la

magnitud en términos de dinero en comparación es mayor, siendo para el caso de Alemania por ejemplo de 320952,8 millones de dólares, 11 veces mayor si se compara con Colombia.

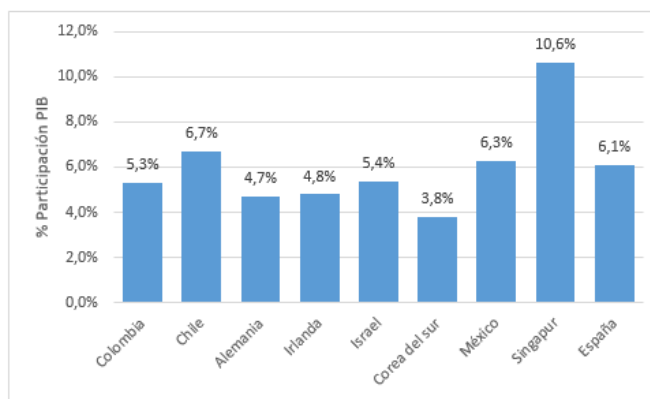


Figura 107. % Participación PIB: Transporte y almacenamiento  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

#### 7.2.3.11 Participación del sector transporte en la demanda total

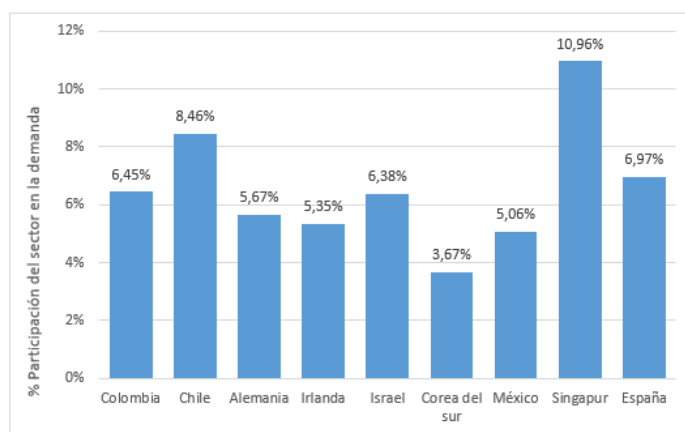


Figura 108. % Participación demanda: Transporte y almacenamiento  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

La Figura 108 muestra la participación del sector de transporte y almacenamiento dentro de la demanda total de cada uno de los países analizados. Se puede ver que el comportamiento es el mismo que el de La Figura 107 mostrando la relación existente entre demanda y producto interno bruto. Singapur es el país en donde el sector de transporte y almacenamiento muestra la mayor demanda económica en relación con los demás países con 10,96 % lo que corresponde a 49954 millones de dólares. Chile por su parte se posiciona en segundo lugar con un porcentaje de participación de 8,46 % seguido por España con 6,97 %. El sector de transporte y almacenamiento en Colombia representa el 6,45 % de la demanda total del país, lo que equivale a 15906 millones de dólares. Alemania por otro lado, a pesar de tener una demanda económica de 197378 millones de dólares en el sector de transporte, cantidad que es 12 veces mayor a la reportada para Colombia, presenta un porcentaje de participación de 5,67 %.



Corea del sur, es el país en donde la demanda del sector de transporte y almacenamiento en términos económicamente hablando tiene el menor porcentaje de participación respecto a la demanda total del país con 3, 67 % que corresponde a 70147 millones de dólares.

### 7.2.3.12 Comparación de matrices insumo producto

La Figura 109, Figura 110 y Figura 111 muestran las matrices insumo producto para los países analizados anteriormente en comparación con Colombia.

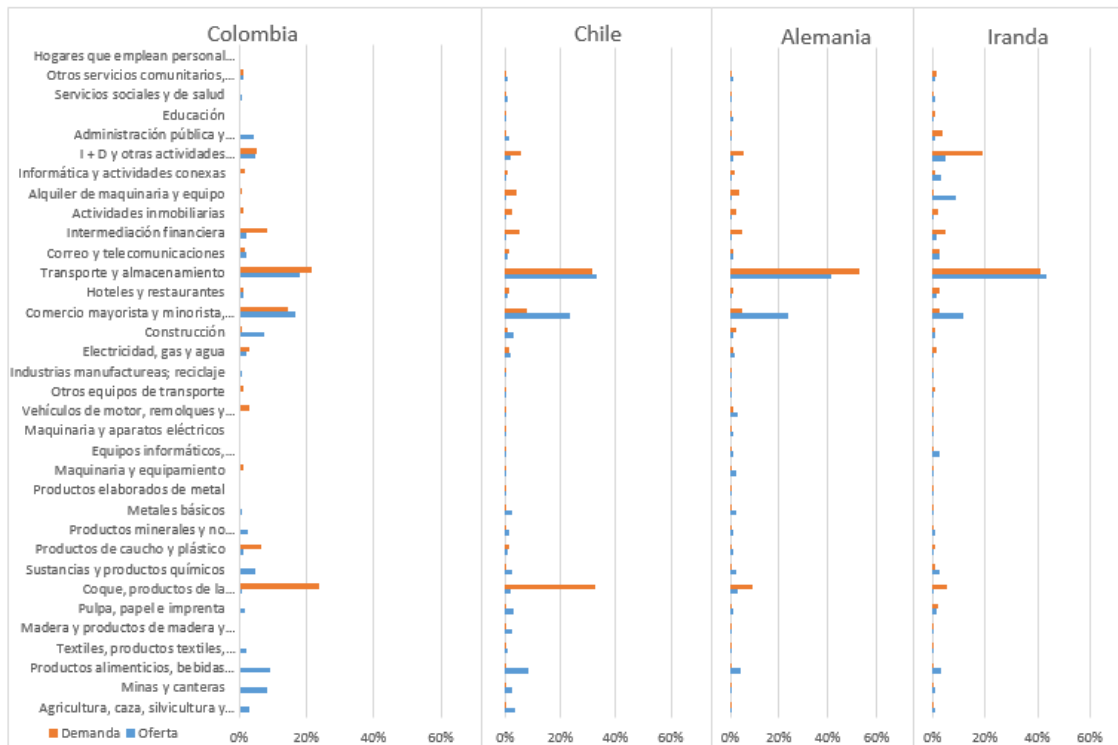


Figura 109. Matrices insumo- producto del sector transporte para Colombia, Chile, Alemania e Irlanda, para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

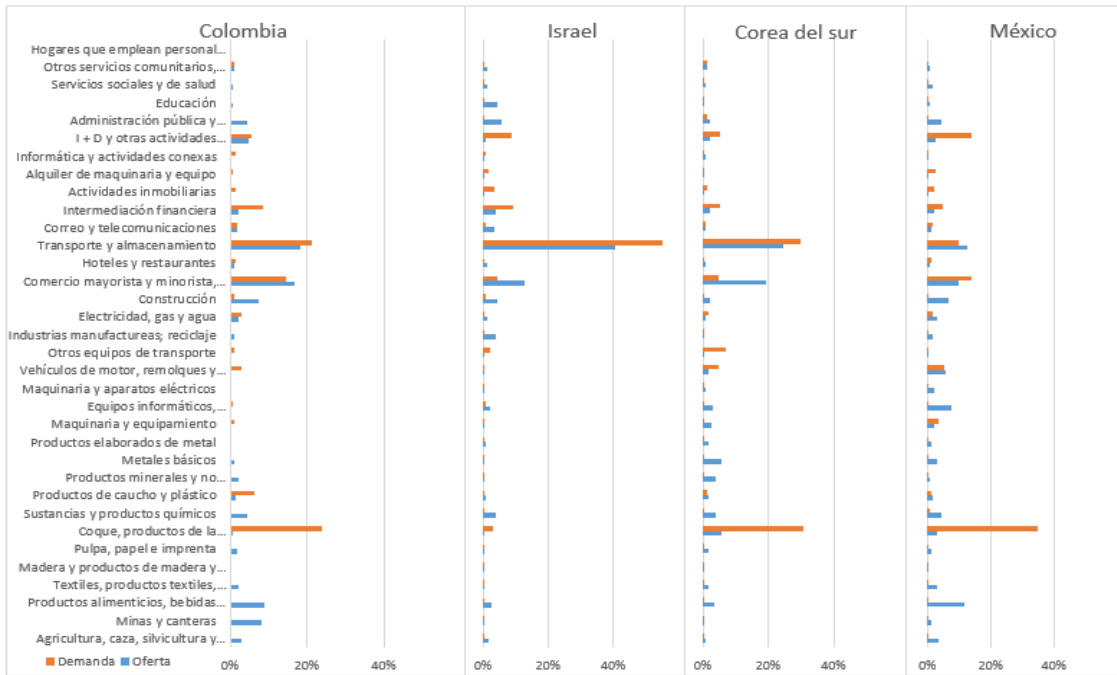


Figura 110. Matrices insumo- producto del sector transporte par para Colombia, Israel, Corea del sur y México para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

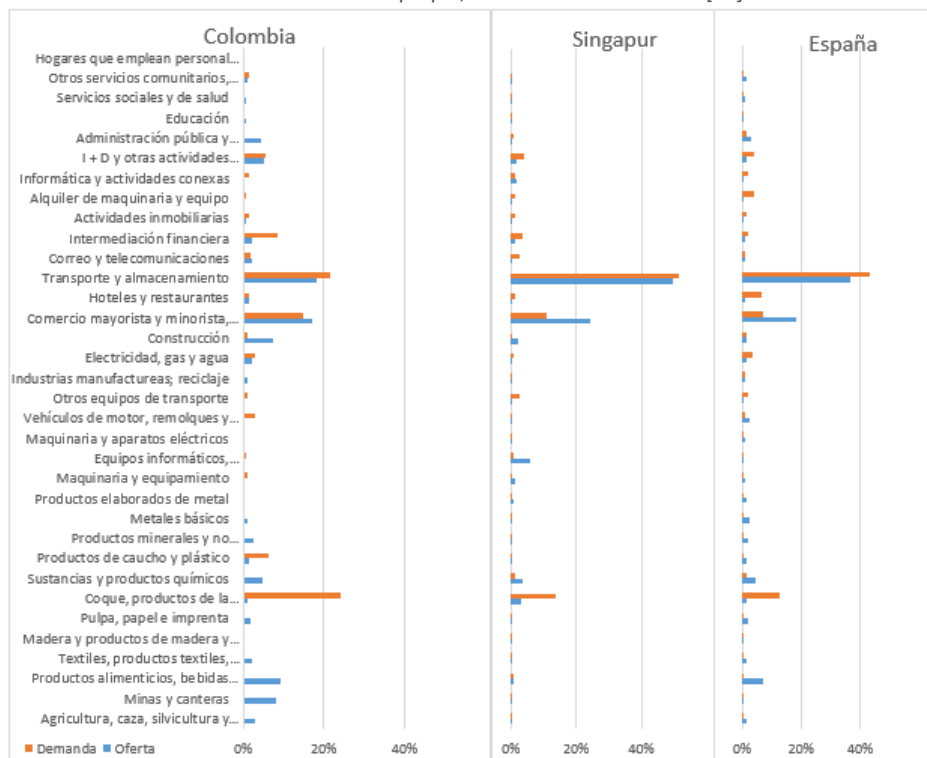


Figura 111. Matrices insumo- producto del sector transporte par para Colombia, Singapur y España para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Se puede evidenciar la similitud entre los países en términos de que para todos los países uno de los principales consumo económicos del sector se destina a los productos derivados de petróleo, el cual es el insumo energético para que se puedan llevar a cabo las actividades de transporte. La demanda económica ligada a la demanda de derivados de petróleo tienen mayor importancia en países como Colombia, Chile, Corea del Sur y México, mientras que para Israel, Alemania e Irlanda el gasto asociado es mejor en relación con otros conceptos como por ejemplo las actividades de investigación y desarrollo.

Lo anterior permite evidenciar que el sector de transporte no es diverso en cuanto a demanda, ya que esta se centra en 4 sectores o actividades únicamente, contrario con lo que ocurre desde el lado de la oferta, en donde hay una mayor diversificación hacia sectores industriales como bebidas, alimentos y tabaco, plásticos y metales, y servicios como educación y comercio.

En términos de gasto total económico del sector transporte, dentro de los países analizados, Colombia ocupa el penúltimo lugar con un valor de 15906,9 millones de dólares, superando únicamente a Israel como se puede observar en la Tabla 16. El mayor gasto económico lo presenta Alemania con 197378,4 millones de dólares, gasto que es 12,4 veces al del caso Colombiano.

Tabla 16 Demanda del sector transporte en millones de dólares año 2011  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

País	Demanda
Alemania	197378,4
España	87402,7
Corea del Sur	70147,3
Singapur	49954,8
México	40418,3
Chile	18933,3
Irlanda	16057,3
Colombia	15906,9
Israel	12904,4

Tabla 17. Oferta para el sector transporte en millones de dólares año 2011  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

País	Oferta
Alemania	253145,7
España	103247
Corea del Sur	85519,7
Singapur	51500,6
México	32800,2
Israel	19360,2
Colombia	18721,5
Chile	18275,5
Irlanda	15173,5

En cuanto a la oferta del sector transporte (Tabla 17), entendida como qué tanto requieren otras actividades o sectores de servicios de transporte, se tiene que Alemania es el país con la mayor oferta y Colombia por su parte, se encuentra en antepenúltima posición superando a Irlanda y Chile que presentan valores por debajo de 18700 millones de dólares.

La matriz insumo producto para el sector de transporte en Colombia se muestra muy similar a las de Chile, Corea del sur y México y como se puede observar en Tabla 18, en donde se evidencia que el mayor gasto económico está destinado a los productos de refinación de petróleo, coque y combustible nuclear con porcentajes de participación de 24,0 %, 32,5 %, 30,6 % y 34, % para Colombia, Chile, Corea del Sur y México respectivamente. En los demás países, también existe un gasto importante por este concepto, demostrando la importancia de los combustibles líquidos en el sector transporte.

La demanda hacia el mismo sector de transporte y almacenamiento, presenta las mayores participaciones en Alemania, Irlanda, Israel, Singapur y España con porcentajes que superan el 40 % en todos los casos, siendo para Israel el de mayor valor con 60,7 %.

El comercio mayorista y minorista también es otro sector que se demanda en gran medida en el sector transporte para todos los países analizados, con participaciones que varían desde 2,4 % para el caso de Irlanda hasta 14,7 % en el caso de Colombia.

Las actividades de investigación y desarrollo por su parte, tienen mayor peso en países como Alemania, Irlanda, Israel y México con porcentajes de participación de 5,6 %, 18,9 %, 9,0 % y 13,8 % respectivamente. Lo anterior permite evidenciar la necesidad de inversión en el sector en Colombia

Tabla 18. Comparación de las principales demandas del sector transporte  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Demanda transporte y almacenamiento	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Minas y canteras	0,2%	0,4%	0,2%	0,5%	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%
Madera y productos de madera y corcho	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
Coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	24,0%	32,5%	9,1%	5,5%	2,9%	30,6%	34,8%	13,7%	12,6%
Sustancias y productos químicos	0,1%	0,2%	0,5%	0,7%	0,1%	0,5%	0,8%	1,1%	1,3%
Productos de caucho y plástico	6,4%	1,2%	0,4%	0,9%	0,4%	1,4%	1,2%	0,2%	0,7%
Maquinaria y equipamiento	1,2%	0,6%	0,4%	0,2%	0,1%	0,4%	3,5%	0,3%	0,6%
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	3,1%	0,0%	1,5%	0,5%	0,1%	4,9%	5,4%	0,0%	0,8%
Otros equipos de transporte	1,1%	0,0%	0,7%	1,0%	2,0%	6,9%	0,3%	2,8%	2,0%
Electricidad, gas y agua	3,0%	1,6%	1,4%	1,8%	0,5%	1,8%	1,5%	0,8%	3,7%
Construcción	1,0%	1,1%	2,3%	1,0%	0,8%	0,1%	0,3%	0,3%	1,5%
Comercio mayorista y minorista, reparación	14,7%	7,6%	4,6%	2,4%	4,5%	4,8%	13,9%	10,9%	6,9%

Demanda transporte y almacenamiento	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Hoteles y restaurantes	1,4%	1,6%	1,5%	2,9%	0,1%	0,0%	1,3%	1,1%	6,8%
Transporte y almacenamiento	21,4%	31,7%	52,9%	41,2%	60,7%	29,7%	10,0%	51,3%	43,3%
Correo y telecomunicaciones	1,9%	1,1%	1,4%	2,8%	1,0%	0,8%	1,5%	2,8%	1,0%
Intermediación financiera	8,4%	5,0%	5,0%	5,0%	9,1%	5,2%	4,7%	3,3%	2,2%
Actividades inmobiliarias	1,4%	2,3%	2,2%	2,0%	3,6%	1,4%	2,0%	1,4%	1,5%
Alquiler de maquinaria y equipo	0,7%	4,2%	3,9%	0,2%	1,8%	0,2%	2,4%	1,2%	3,8%
Informática y actividades conexas	1,6%	1,0%	1,7%	1,0%	0,6%	0,5%	0,2%	1,2%	1,8%
I + D y otras actividades comerciales	5,4%	5,8%	5,6%	18,9%	9,0%	5,4%	13,8%	3,9%	3,9%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	0,0%	0,5%	0,5%	4,1%	0,1%	1,5%	0,0%	0,7%	1,6%
Educación	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	0,2%	0,1%	0,5%	0,1%	0,1%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	1,2%	0,1%	0,6%	1,3%	0,1%	1,4%	0,1%	0,4%	0,5%

De manera congruente con lo mencionado anteriormente, se presenta la Figura 112 en donde se muestran las principales actividades que demanda el sector de transporte en los diferentes países analizados, evidenciándose la magnitud de la economía de países como Alemania, España y Corea del Sur y la importancia de los servicios de transporte y almacenamiento y de los recursos energéticos tales como los productos de la refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares.

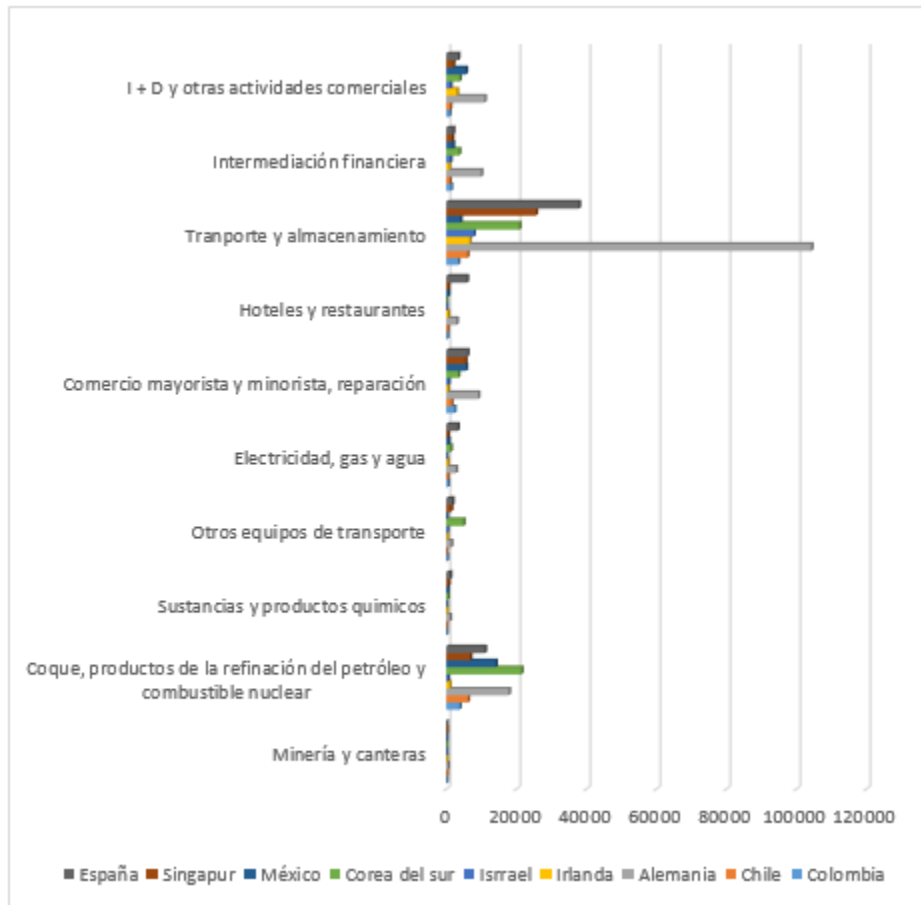


Figura 112. Comparación de las principales actividades requeridas por los países para el sector de transporte 2011

Es importante analizar la demanda de energéticos por país en el sector de transporte, teniendo en cuenta la importancia y por ende alta participación de esos dentro de la demanda del sector. La Tabla 19 presenta la demanda en millones de dólares de las fuentes energéticas.

Tabla 19. Demanda de las fuentes energéticas en el sector transporte en millones de dólares por país para 2011  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

País	Energéticos			
	Productos de la refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares	Electricidad y suministro de gas y agua	Productos de minería y explotación	Productos madereros
Colombia	3814,4	483,3	25,6	1
Chile	6150,7	297,9	70,7	5,3
Alemania	17870,2	2757,7	373,2	114,3
Irlanda	884,2	287,4	81,4	4,4
Israel	374	64,4	31,2	0,3
Corea del Sur	21471,2	1247,7	15,7	60,4
México	14074,1	601,6	65,1	0,8

País	Productos de la refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares	Energéticos		
		Electricidad y suministro de gas y agua	Productos de minería y explotación	Productos madereros
Singapur	6822,3	398,5	79,1	8,1
España	11020,8	3255,7	44,4	187,9

La Tabla 19 muestra el porcentaje de participación de coque, derivados del petróleo y combustible nuclear, y electricidad, gas y agua para los países en análisis, por ser las fuentes de mayor demanda económica. Los productos de minería y madereros no se presentan por tener valores muy pequeños en comparación con las otras dos fuentes. La Figura 113 por su parte muestra el gasto en millones de dólares que se destina para dichas fuentes energéticas.

La Figura 113 muestra la importancia que tienen los derivados de petróleo en el sector de transporte para todos los países, alcanzando gastos de más de 20000 millones de dólares en el caso de Corea del Sur y 18000 en el caso de Alemania que son los países que presentan mayor gasto por este concepto. En el caso de gas y electricidad los mayores demandantes son España y Alemania, mientras que Colombia supera únicamente a Chile, Irlanda e Israel y alcanza los 500 millones de dólares, cantidad que es 8 veces menor a la destinada a los productos de refinación de petróleo.

La diferencia tan notoria entre la demanda en términos económicos para derivados del petróleo y electricidad y gas, tiene relación a su vez con la diferencia en precios de estos recursos energéticos, de forma que resulta más acertado realizar la comparación empleando los porcentajes de participación. La Figura 114 muestra que en México, España e Irlanda la demanda de derivados de petróleo para el sector transporte corresponde alrededor del 30% del gasto total del país en ese energético. Para Colombia esta participación está en 44,5 %, valor similar al que presenta Chile y para el resto de países es menor a 25 %. Es importante resaltar que si bien Corea del Sur es el país que más dinero destina a derivados de petróleo, si se considera el porcentaje que este representa dentro del gasto total del sector es únicamente el 19,6% a diferencia de lo que sucede con Colombia por ejemplo, en donde el consumo de energéticos en términos monetarios es bajo (3800 millones de dólares) si se compara con los demás países pero éste representa el 45 %, un porcentaje importante dentro de su matriz insumo producto para el sector de transporte. Lo mismo sucede con Alemania, en donde el gasto destinado a los productos derivados de petróleo empleados en el sector transporte corresponde a 17800 millones de dólares, los cuales representan únicamente el 22,7 % del gasto total del energético

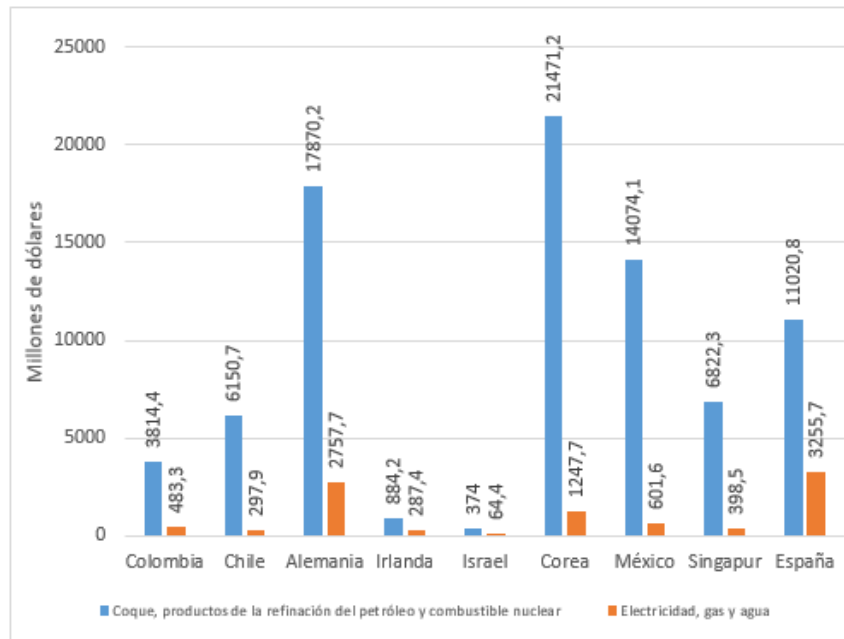


Figura 113. Comparación de la demanda de energéticos en el sector transporte en millones de dólares  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

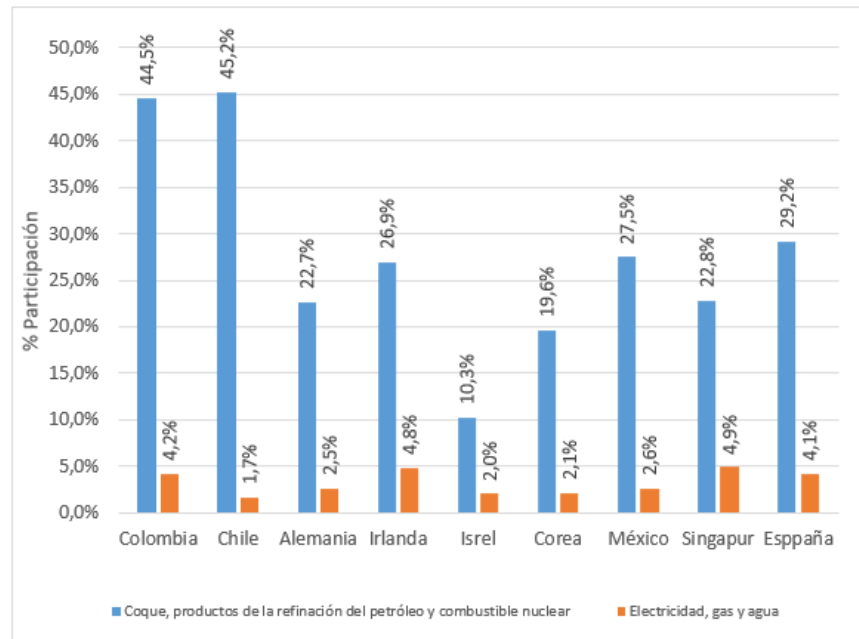


Figura 114. Comparación del % de participación de la demanda de energéticos en el sector transporte  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

#### 7.2.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector transporte

El sector transporte en Colombia, como ya se mencionó en el análisis realizado acerca del comportamiento histórico del consumo energético, junto con el sector de industria, es altamente demandante de energía, en forma de combustibles líquidos principalmente. El subsector de



transporte terrestre es el que mayor importancia tiene, ya que representa alrededor del 90% de la demanda energética del sector [11] y por ende en el que este análisis de cadena de valor se va a concentrar.

Dadas las grandes diferencias que existen para cada uno de los tipos de transporte terrestre, se ha decidido inicialmente realizar una cadena de valor para cada tipo y luego unificarlas para de esta manera llegar a una del sector en general. Se han seleccionado el transporte de carga y transporte público masivo de pasajeros, debido a que este tipo de transporte requiere mayor número de operaciones logísticas especialmente, en comparación con el transporte privado.

La matriz insumo – producto agrupa todos los combustibles líquidos en una misma categoría, mientras que el BECO éstos en diésel y gasolina motor. Por esto, se ha decidido en un primer ejercicio mantener esta agrupación con el fin de poder hacer un comparativo entre la energía demandada y el gasto económico asociado con ésta.

#### 7.2.4.1 Transporte de carga

La Figura 115 permite evidenciar que después del transporte privado urbano, el transporte de carga ya sea de tipo urbano o interurbano, es el que demanda mayor cantidad de energía dentro del transporte terrestre. Los energéticos que se emplean son los combustibles líquidos y gas natural con una demanda de 114733 TJ y 4973 TJ para 2014 respectivamente como se presenta en la Tabla 20

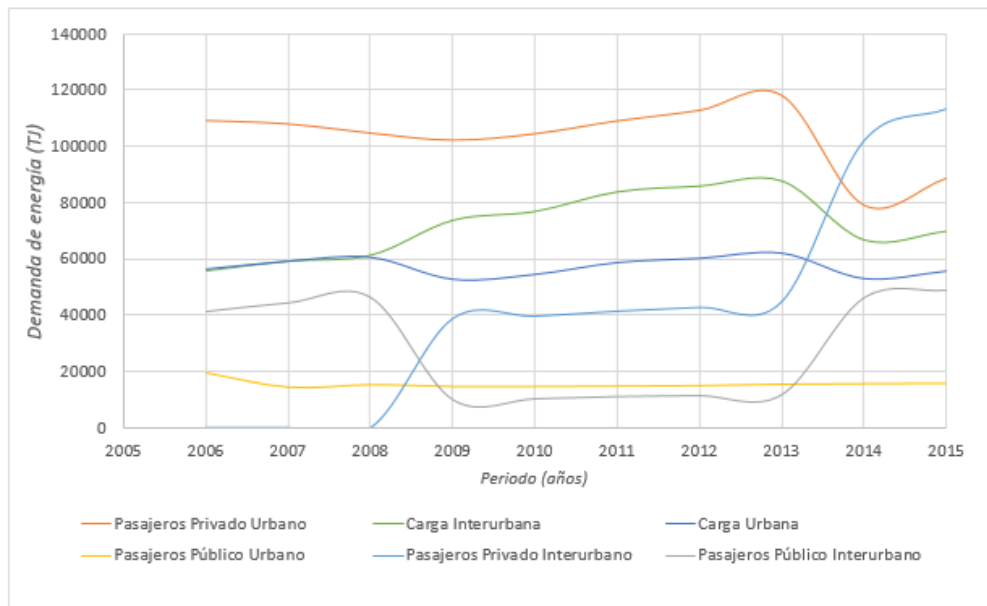


Figura 115. Evolución del consumo energético en TJ de los subsectores del transporte terrestre  
Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO [11]

Tabla 20 Distribución del consumo de energéticos para el subsector de transporte de carga en TJ para 2014

Subsector transporte de carga	Gas Natural	Diésel	Gasolina motor	Total
Carga Urbana	4.573	42.142	6.330	53.045
Carga Interurbana	400	64.010	2.251	66.661
Total	4.973	106.152	8.581	119.706

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO [11]

Los combustibles líquidos se emplean en dos momentos de la cadena de valor; por una parte son necesarios para el funcionamiento del parque automotor empleado para la recepción de la mercancía y por otro lado en la distribución de la mercancía que ha pasado por los procesos de clasificación, almacenamiento, administración de inventario y despacho.

La demanda en términos económicos de los combustibles líquidos dentro del sector de transporte de carga también es de gran importancia como lo muestra la matriz insumo producto y como lo señala el DANE en su boletín de índice de Costos de Transporte de Carga por Carretera [43] en donde los costos asociados con los combustibles tienen un alto peso sobre el costo del transporte en total con un 40,20 % después de los costos fijos y peajes que corresponden al 45,19%.

La Figura 116 muestra la cadena de valor para el sector de transporte terrestre de carga. Se puede observar que la logística es el núcleo de las operaciones involucradas para este tipo de transporte y que la energía eléctrica empleada se destina a aplicaciones de iluminación, acondicionamiento de aire y refrigeración, condiciones que son de gran importancia para el manejo y almacenamiento adecuado de la mercancía que se desea transportar y distribuir. El monitoreo en tiempo real es una operación de gran relevancia dentro de la logística externa y hace parte del valor agregado de este subsector, ya que permite crear la confiabilidad que se requiere en el servicio. Los servicios post-venta, es decir todo lo relacionado con las quejas, reclamos y observaciones también son fundamentales en este tipo de subsector ya que permite la creación de un vínculo entre el cliente y la empresa prestadora del servicio.

Las actividades de apoyo que mayor importancia tienen tal y como se presenta en la matriz insumo producto son las de intermediación financiera con un gasto económico de 2206 miles de millones de pesos en 2014.

#### 7.2.4.2 Transporte público

La Figura 116 muestra la cadena de valor para el transporte público masivo, la cual se presenta de manera generalizada considerando que existen varias modalidades de transporte público masivo en el país. Debido a los problemas asociados con la movilización en las grandes ciudades principalmente, el transporte público masivo ha tomado importancia en cuanto a aspectos tales como parque automotor y utilización. Así, el Boletín de Transporte Urbano de Pasajeros del DANE [44] en donde se manifiesta que para el primer trimestre de 2016, el 65,5 % del parque automotor en servicio correspondió al transporte tradicional y el 34,5 % a los sistemas integrados de transporte masivo. Adicionalmente plantea que en términos de utilización del servicio de transporte público, el 46,4 % de los pasajeros utilizaron el sistema tradicional mientras que el 53,6 % se inclinaron por

los sistemas integrados de transporte masivo. Al igual que para el transporte de carga, y el transporte terrestre en general, gastos importantes en términos tanto de energía como de dinero se encuentran asociados al uso de los combustibles ya sean líquidos como el caso del diésel y gasolina motor o gas natural vehicular. La matriz insumo producto muestra que el 99,45 % del gasto dirigido a energéticos está asociado con combustibles y que el porcentaje restante está asociado con energía eléctrica, la cual se destina a los servicios asociados al subsector. En cuanto a energía, se tiene que existió una demanda de 54750 TJ en 2014 en cuanto a combustibles líquidos, mientras que la demanda de gas natural fue de 7077 TJ en el mismo año como lo presenta la Tabla 21. La demanda de electricidad por concepto de transporte no se presenta en el BECO.

Tabla 21. Distribución del consumo de energéticos para el subsector de transporte público en TJ para 2014

Subsector transporte público	Gas Natural	Diesel	Gasolina motor	Total
Pasajeros Público Interurbano	3.409	32.558	10.309	46.276
Pasajeros Público Urbano	3.669	7.418	4.465	15.552
<b>Total</b>	<b>7.077</b>	<b>39.976</b>	<b>14.774</b>	<b>61.827</b>

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO [11]

El transporte público tiene como eje principal, al igual que el transporte de carga, la actividad logística. Las operaciones asociadas corresponden a la recepción y manejo de pasajeros, identificación, despacho y distribución de pasajeros ya sea haciendo uso de los servicios troncales o los servicios complementarios y la llegada como tal al destino planeado.

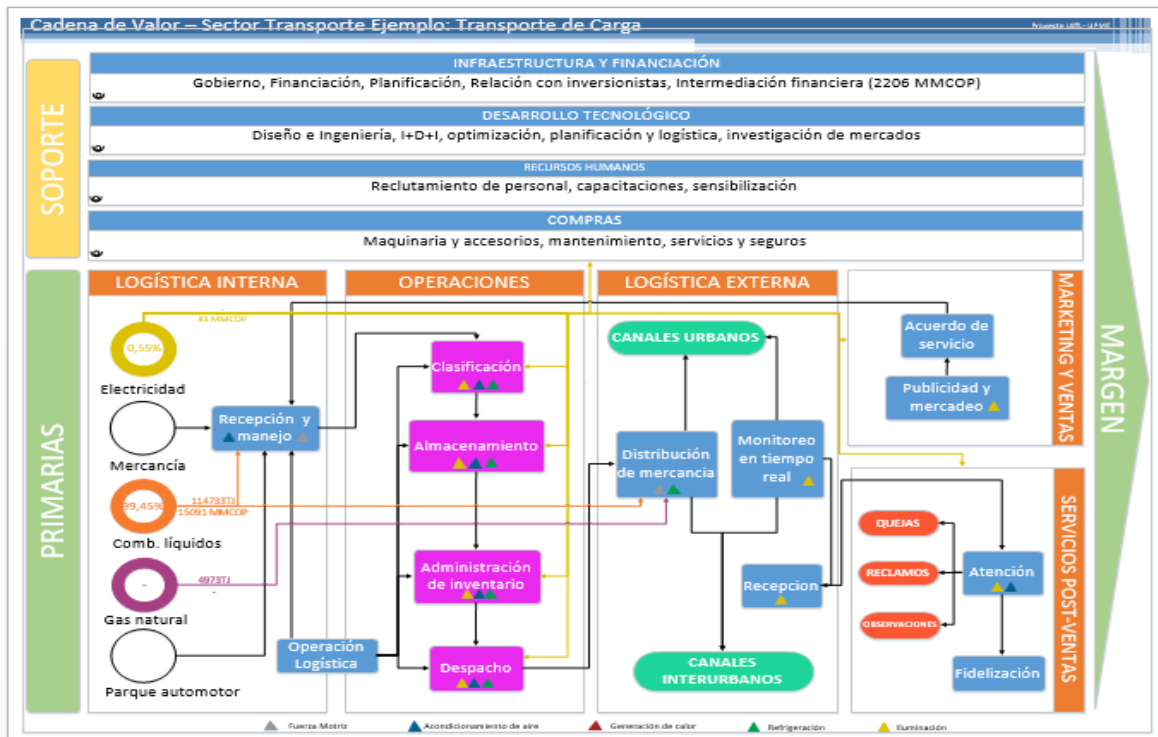


Figura 116 Cadena de valor para el sector transporte - transporte terrestre de carga

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO y la matriz insumo- producto del DANE [11]

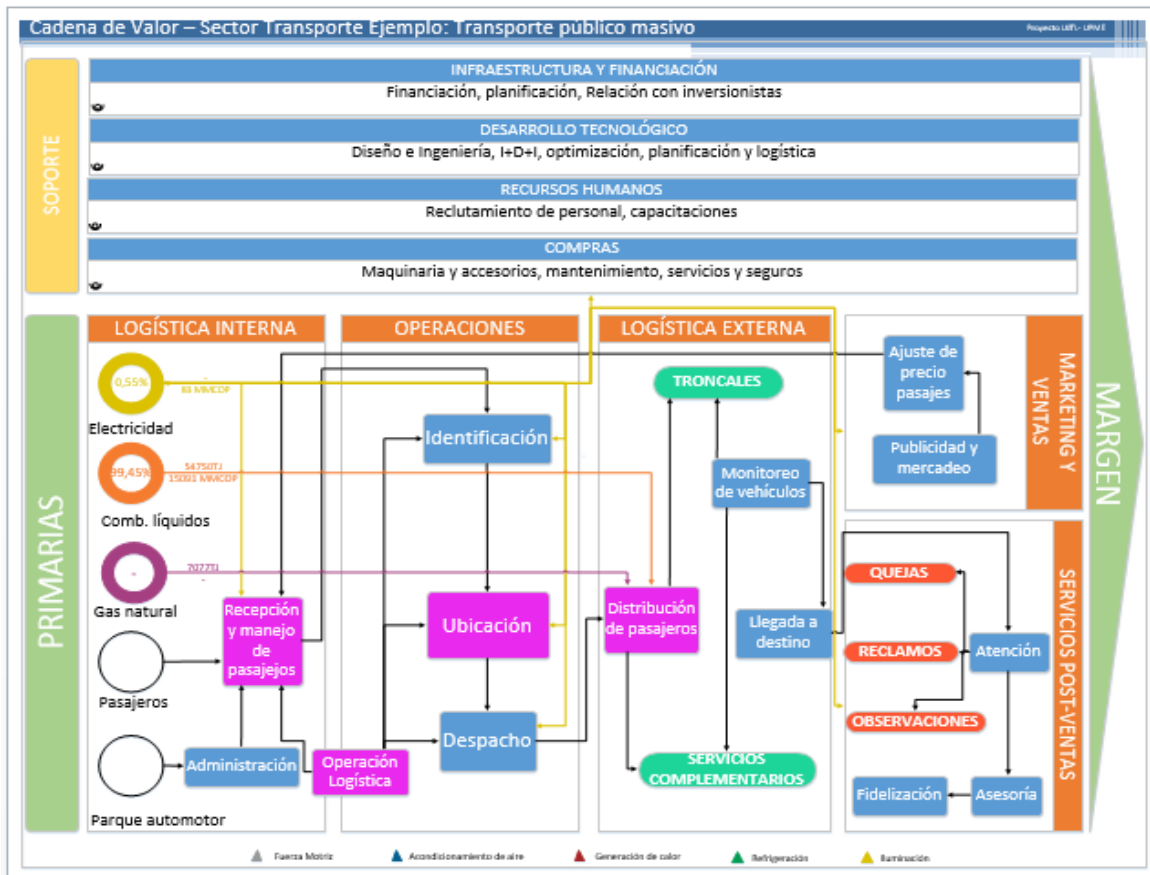


Figura 117. Cadena de valor para el sector transporte - transporte público  
Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO y la matriz insumo- producto del DANE [11]

Los servicios de atención al cliente en lo que concierne a quejas reclamos y observaciones también deben ser considerados, así como toda la actividad de publicidad y mercadeo que debe desarrollarse para que se tenga una buena acogida del sistema y se impulse su uso, con el fin de lograr un transporte público de mayor eficiencia en términos de tiempo y de consumo energético.

Con el creciente desarrollo de tecnologías en cuanto a vehículos eléctricos, se hace necesario considerar e incorporar el uso de energía eléctrica para tal fin, cuantificarlo y dejarlo plasmado en el BECO. Las actividades de apoyo para este tipo de transporte son las relacionadas con la financiación y relación con inversionistas dada la suma tan alta de dinero que debe invertirse para desarrollar un sistema público masivo y todo lo relacionado con el desarrollo tecnológico enfocado a planificación y logística, y la capacitación de personal. La cadena de valor para este subsector se presenta en la Figura 117

### 7.2.4.3 Tendencias

Hasta la actualidad el sector transporte ha estado marcado por el uso de motores de combustión y por ende demanda de combustibles fósiles, sin embargo, y gracias al rápido desarrollo tecnológico por parte de las empresas líderes del mercado en conjunto con los centros de investigación, y respondiendo a la problemática de la emisión de gases contaminantes producto del proceso de

combustión de recursos fósiles, se espera que en los próximos años se dé una importante penetración de los vehículos eléctricos o híbridos en no solo el transporte privado, sino en el público y hasta en el de carga, lo que se verá reflejado en un cambio en la dinámica de la demanda de energía del sector.

En el ámbito de vehículos eléctricos particulares se ha venido trabajando en el desarrollo de baterías de mayor duración que le otorguen mayor autonomía a los vehículos y que además sean más económicas. Gracias al desarrollo tecnológico el costo de las baterías ha pasado de 1000 USD/kWh en 2008 a menos de 300 USD/kWh en 2015 y se espera que llegue a 100 USD/kWh para 2020

El transporte público por su parte también ha experimentado el impacto de la tecnología, llegando al punto de pensar en vehículos que presten su servicio sin la necesidad de conducto a proyectos de buses elevados que permitan una mejor movilidad en ciudades con alto flujo vehicular o hasta transporte de alta velocidad por medio de cápsulas (Hyperloop)

En cuanto al transporte de carga se han desarrollado programas de eficiencia en diversas partes del mundo y ya existen países como Suecia que están implementando camiones híbridos para transportar productos y de esta forma contribuir con los objetivos de desarrollo sostenible al migrar hacia un transporte limpio que no dependa de los recursos fósiles.

## 7.3 Sector Terciario-comercio

### 7.3.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector terciario y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

El sector Comercio está agregado al sector Servicios Públicos en la IEA [9] mientras que en Bariloche y BECO se encuentra agregado al sector Público [45]. Este sector ha mostrado una tendencia creciente desde 1980 hasta la actualidad, no sin mostrar alteraciones en su comportamiento, estas alteraciones son producidas en gran medida por el aporte de los derivados del petróleo los cuales tienen un comportamiento muy errático (Figura 118) y es la segunda fuente energética que más aporta al sector después de la energía eléctrica. Se observa una correlación entre el comportamiento presentado en la IEA y Bariloche, aunque esta última fuente muestra una curva más suave. A partir de 1990 la magnitud de los datos presentados por Bariloche muestra un aumento con respecto a los datos de la IEA con una diferencia promedio entre 1998 y 2005 de más de 9.000 TJ un 21 % de la magnitud de la IEA. En contraste, el consumo de la IEA es mayor al mostrado por el BECO con una diferencia promedio de 3.500 TJ apenas un 6 % promedio con respecto a la magnitud de los datos de la AIE.

Los datos del BECO en 2006 muestran un importante desacople con respecto a los datos del 2005 de Bariloche, a diferencia de lo que ocurre con los datos de la IEA en donde la diferencia es apenas de 6%. Esta brecha es debido en gran parte a que los datos del BECO no considera la demanda de diésel en toda la serie (Figura 118).

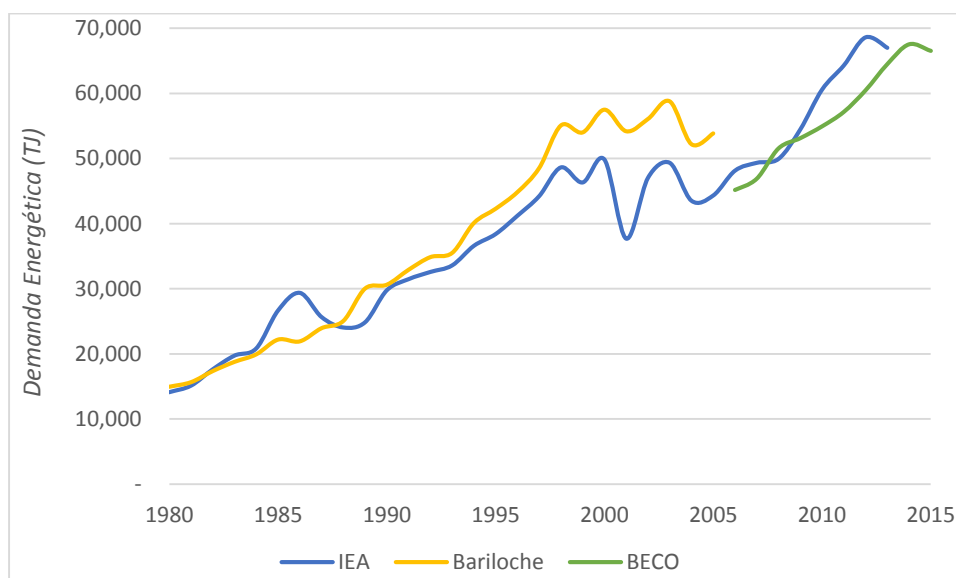


Figura 118. Consumo General del Sector Comercial  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La energía eléctrica domina la demanda energética en el sector como se puede deducir al analizar la Figura 119. También se observa que la participación del diésel disminuye en el sector y finalmente desaparece en el BECO. La participación del Gas Natural mantiene una tendencia creciente hasta el 2014.

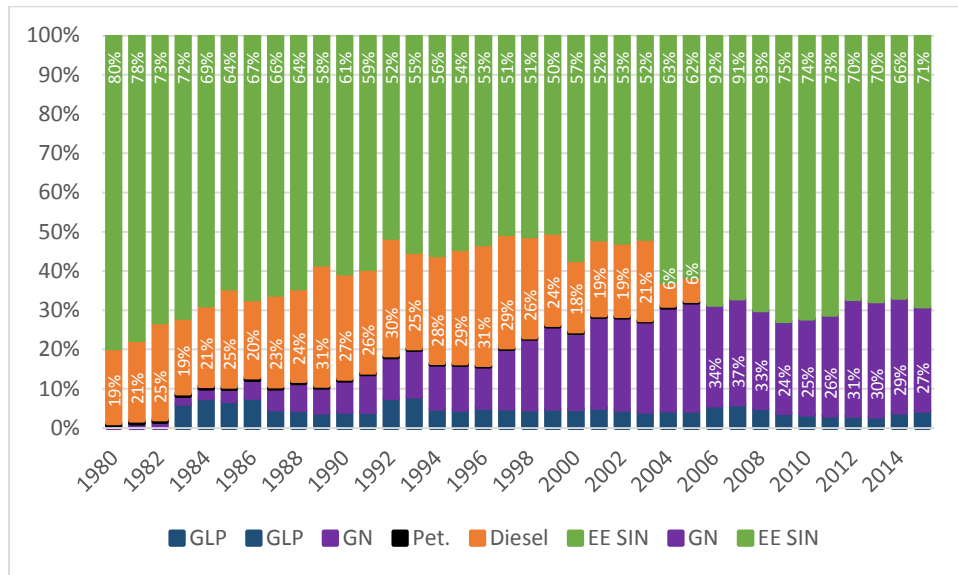


Figura 119. Participación porcentual por energético en el sector comercio según Bariloche y BECO  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La demanda de Energía Eléctrica en el sector comercio muestra un comportamiento creciente, casi constante y con pocas distorsiones. El comportamiento entre la IEA y Bariloche es casi idéntico mientras que la magnitud de la IEA es ligeramente mayor al BECO con una diferencia promedio de 2.135 TJ (5 %) (Figura 120) lo que demuestra unos datos muy consistentes en esta fuente energética.

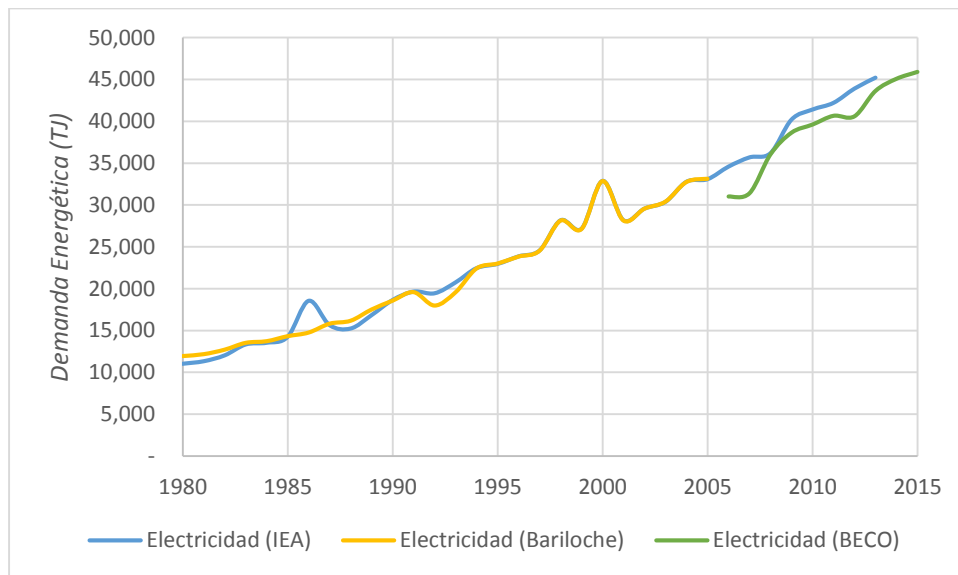


Figura 120. Variación en la demanda de Energía Eléctrica en el sector comercio.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Con respecto al consumo de los derivados del petróleo, la IEA agrupa todos los derivados del petróleo en un solo indicador, mientras que Bariloche muestra que el único derivado que se usa en el sector es el diésel. En el BECO no se refleja ningún dato en este tipo de energéticos. De nuevo se evidencia una correlación entre las tendencias de la IEA y Bariloche, aunque esta última muestra

una curva que se resiste a los cambios drásticos. Entre 1998 y 2004 el consumo de este energético muestra una caída drástica pasando de 17.348 a 5.515 TJ en la IEA y de 14.216 a 3.173 TJ en Bariloche (Figura 121), a partir del 2004 el consumo de diésel empieza a crecer lentamente concordando con la expedición de la ley 939 de 2004 que estimula el uso de biocombustibles en motores diésel.

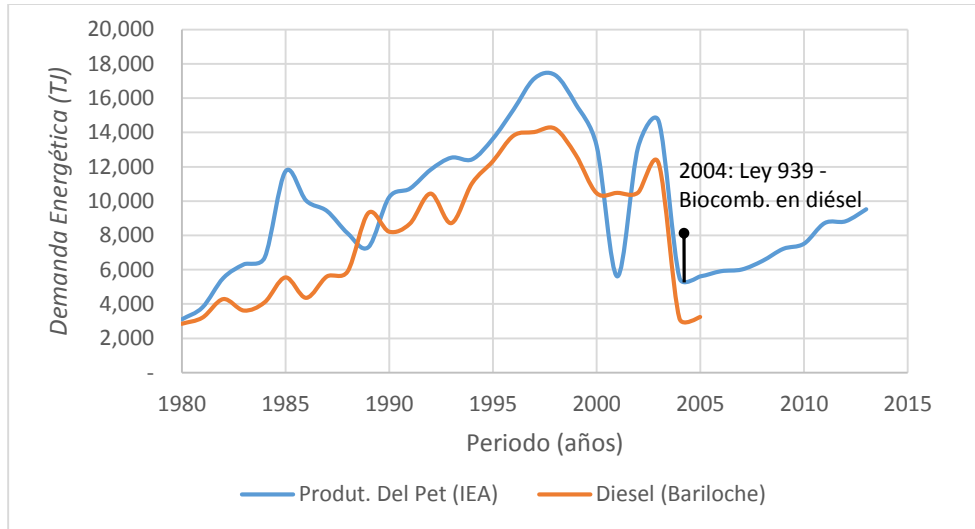


Figura 121. Variación en la demanda de Derivados del Petróleo en el sector comercio según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

En los combustibles gaseosos, se evidencia la preferencia del Gas Natural por encima del GLP en el sector. Los datos de la IEA solo reflejan el consumo de GN mientras que los datos de Bariloche y BECO presentan el consumo de GLP. La diferencia en el consumo de GN entre la IEA y Bariloche es grande presentándose una diferencia máxima de 9.205 TJ en el 2005 equivalentes a 164% con respecto al dato de la IEA (Figura 122). El comportamiento del consumo de GN para el BECO es similar al de la IEA y está atrasado dos años con respecto a esta última. En los años del 2006 al 2008 no existen datos para el GN en el BECO. Con respecto al GLP el comportamiento y magnitud de este energético es muy congruente entre los datos de Bariloche y el BECO en donde se logra una suave transición entre las dos fuentes de información.



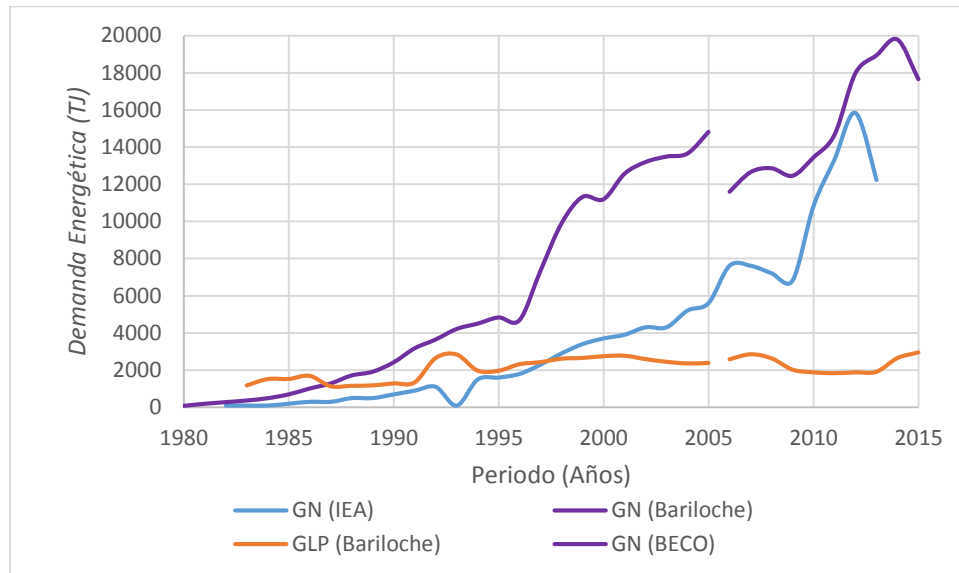


Figura 122. Variación en la demanda de GN y GLP en el sector comercio según IEA, Bariloche y BECO  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

### 7.3.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector terciario-comercio a nivel nacional

Al analizar la Matriz Insumo-Producto elaborada por el DANE para el periodo comprendido entre los años 2000 - 2014, se refleja que en lo que más invierte el sector comercio es en productos diferentes a los energéticos como servicios a otras empresas (Tabla 22). Entre los energéticos, en el que más invierte es en Energía Eléctrica, en el que en promedio representa el 3,1 % del gasto total del sector, seguido por los productos de la refinación del petróleo (2,1%) y un gasto marginal en gas domiciliario (0,1 %). El DANE reúne en un solo conjunto los productos de la refinación del petróleo con el combustible nuclear, pero Colombia no cuenta con plantas de generación nuclear y del análisis del consumo energético para el sector realizado en los párrafos anteriores, se puede concluir que el sector comercio solo consume productos de la refinación del petróleo para este conjunto; más específicamente consume diésel en pequeñas plantas de autogeneración de energía y transporte.

Tabla 22. Los cinco productos en los que más invierte el sector comercio

Producto	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios.	21%	25%	27%	27%
Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda.	16%	13%	14%	13%
Servicios de transporte terrestre.	9%	9%	9%	8%
Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos.	7%	6%	6%	8%
Servicios de reparación de automotores, de artículos personales y domésticos.	6%	5%	5%	6%

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Al observar la evolución de la Matriz Insumo-Producto para el sector se evidencia que el porcentaje de gasto en energía aumenta en general y en especial el gasto en productos de la refinación del petróleo el cual pasa de 1 % a 2,9 %. Esto se observa mejor en la Figura 123 y la Figura 124.

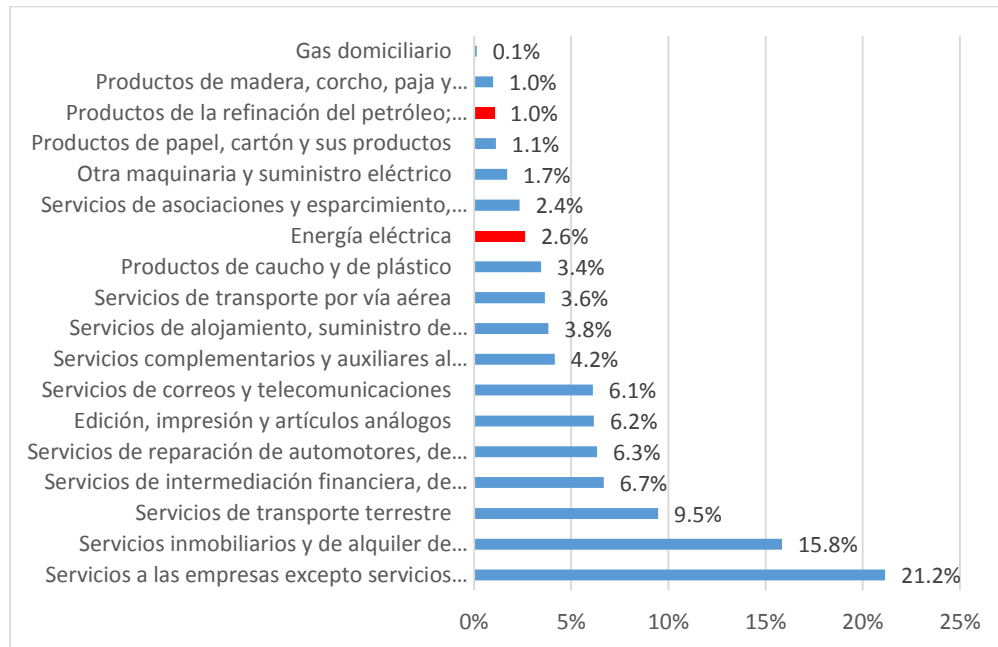


Figura 123. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2000.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

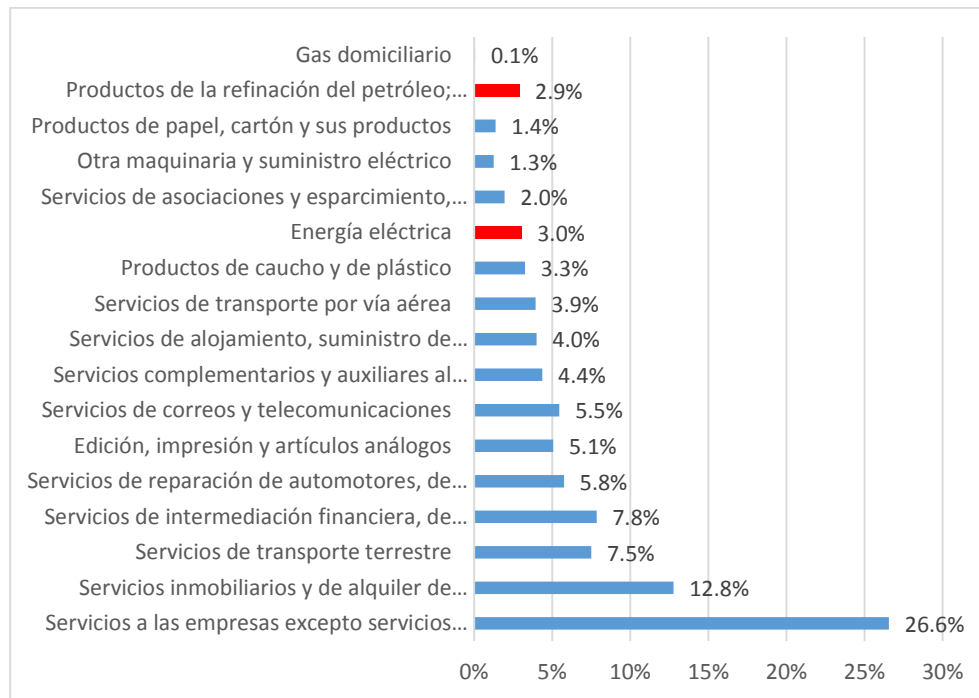


Figura 124. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2014.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Tabla 23. Porcentaje de gasto en energía para el sector comercio con respecto al gasto total.

Producto Energético	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Energía Eléctrica	2,6%	3,4%	3,3%	3,0%
Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear.	1,0%	1,7%	2,6%	2,9%
Gas domiciliario.	0,13%	0,14%	0,05%	0,07%
<b>Total Gasto en Energía</b>	<b>3,73%</b>	<b>5,24%</b>	<b>5,95%</b>	<b>5,97%</b>

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

La inversión en energía para el sector ha venido aumentando con los años, aunque el mayor gasto se realizaba en energía eléctrica y en segundo lugar en productos de la refinación del petróleo, esta tendencia ha venido cambiando y a partir del 2011 se invierte esta relación, siendo el mayor gasto en productos de la refinación del petróleo. Paradójicamente este hecho es contrario a lo mostrado por Bariloche en donde el consumo del diésel va disminuyendo con los años y finalmente el consumo desaparece en los datos del BECO.

También hay que notar que mientras el consumo de GN mostrado en las fuentes consultadas (IEA, Bariloche, BECO) evidencia un crecimiento, en la Matriz Insumo-Producto se muestra una disminución en el gasto de este energético, que no significa necesariamente una disminución en el consumo podría significar un cambio en los precios del insumo (Figura 125 y Figura 126).

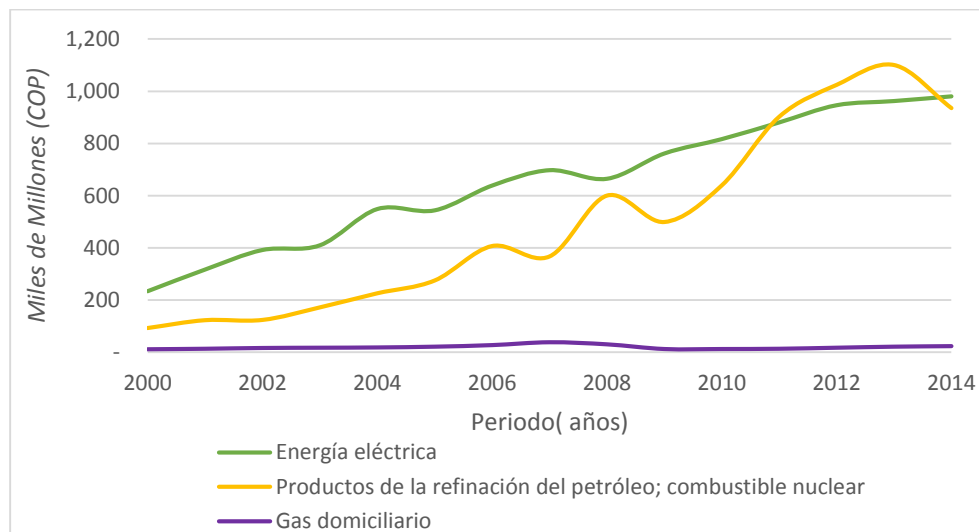


Figura 125. Evolución del gasto en energía para el sector comercio.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de matriz Insumo Producto DANE

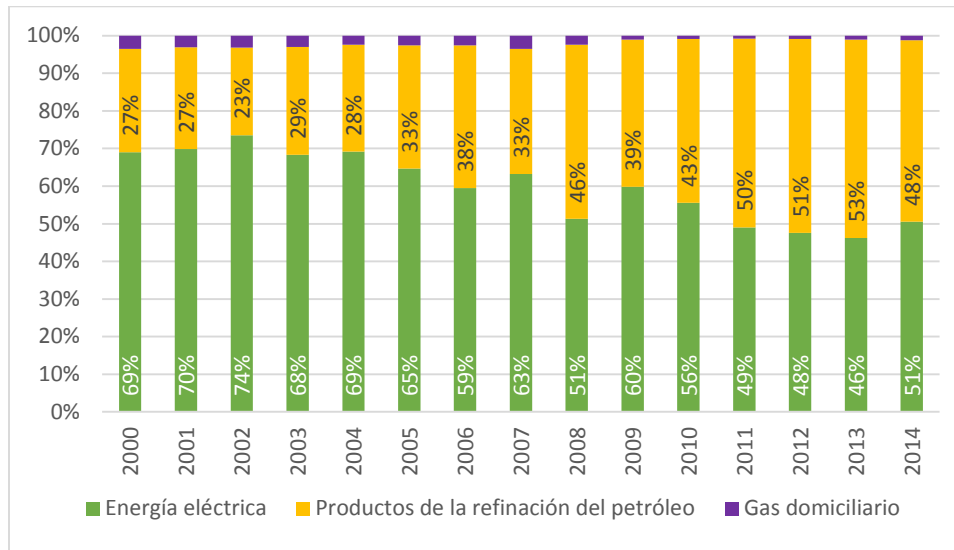


Figura 126. Evolución porcentual en el gasto por energético para el sector comercio.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de matriz Insumo Producto DANE

### 7.3.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector terciario-comercio con el contexto internacional

#### 7.3.3.1 PIB Sector comercio

El PIB del sector comercio en Colombia representa el 8,3 % del PIB nacional con un valor de 47 mil millones de dólares para el 2011, mientras que en México este llega hasta el 13,2 % como lo presenta la Figura 127.

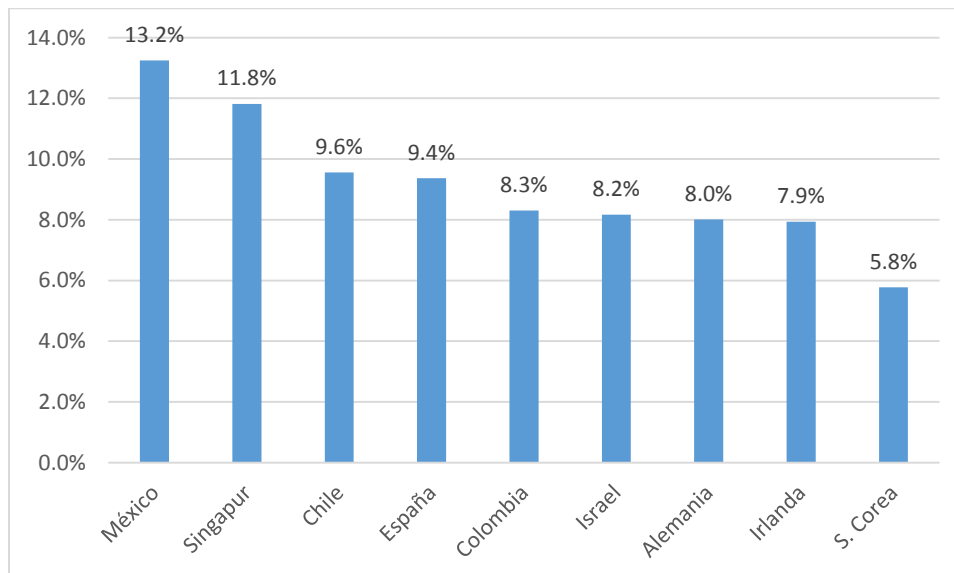


Figura 127. Participación del PIB sectorial en el PIB nacional  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

#### 7.3.3.2 Demanda de productos en el sector comercio

Los productos en los que más se invierte dentro del sector comercio colombiano son el transporte y el almacenamiento con una participación del 17,4 % en el gasto total del sector, seguido por

actividades de I + D y otras actividades comerciales con una participación del 16,2 % según lo presentado en la Tabla 24.

Tabla 24. Participación en la demanda de productos del sector comercio para diferentes países (%)

	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Pulpa, papel e imprenta	6,1%	4,7%	3,4%	2,3%	1,8%	3,6%	4,9%	1,2%	1,5%
Coque y productos de la refinación del petróleo.	3,5%	1,9%	2,5%	0,7%	0,6%	6,1%	1,7%	0,9%	1,9%
Sustancias y productos químicos	1,1%	0,3%	0,8%	0,8%	0,4%	0,3%	1,5%	1,8%	1,4%
Productos de caucho y plástico	3,0%	2,2%	1,8%	0,5%	2,4%	1,9%	4,4%	0,3%	1,6%
Productos elaborados de metal	0,4%	0,2%	1,1%	0,2%	0,1%	0,5%	1,0%	0,3%	0,7%
Maquinaria y equipamiento	2,4%	1,6%	1,0%	0,3%	0,2%	0,6%	1,3%	0,3%	1,4%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	0,8%	0,5%	1,1%	0,8%	0,9%	1,5%	0,7%	2,8%	0,5%
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	4,4%	0,1%	2,6%	0,4%	0,9%	0,8%	2,7%	0,1%	1,4%
Electricidad, gas y agua	4,7%	4,1%	2,6%	3,3%	1,5%	5,1%	7,8%	1,1%	11,5%
Construcción	0,1%	1,5%	1,7%	0,8%	1,8%	0,5%	0,4%	0,4%	2,3%
Comercio mayorista y minorista, reparación	6,7%	10,3%	7,5%	2,0%	6,6%	5,9%	11,1%	11,6%	8,2%
Hoteles y restaurantes	3,7%	0,6%	1,0%	0,9%	0,0%	0,1%	0,9%	0,5%	1,3%
Transporte y almacenamiento	17,4%	18,0%	23,6%	8,9%	15,3%	21,5%	5,2%	32,0%	19,5%
Correo y telecomunicaciones	5,3%	2,3%	4,1%	3,8%	1,5%	10,7%	2,4%	3,0%	2,9%
Intermediación financiera	4,0%	8,9%	4,4%	7,1%	15,7%	8,4%	3,7%	12,0%	4,4%
Actividades inmobiliarias	12,9%	9,9%	16,9%	9,5%	16,3%	12,9%	11,9%	8,5%	9,7%
Alquiler de maquinaria y equipo	0,5%	2,0%	3,1%	1,3%	1,2%	0,8%	0,7%	0,5%	1,0%
Informática y actividades conexas	1,0%	1,2%	1,8%	0,9%	1,3%	2,6%	0,2%	3,3%	0,6%
I + D y otras actividades comerciales	16,2%	24,4%	13,9%	49,3%	29,1%	8,7%	29,7%	14,3%	18,1%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	2,8%	0,6%	1,6%	1,0%	0,1%	1,6%	0,2%	1,5%	1,6%

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

En las actividades comerciales de los otros países comparados también se aprecia una concentración en la demanda de “transporte y almacenamiento” y en actividades de “I + D y otras actividades comerciales” como lo presenta la Tabla 25. Tanto en el transporte como en el almacenamiento muchas veces se debe conservar la cadena de frío cuando el producto es perecedero, esto hace que el gasto en esta actividad sea alto.

Singapur representa un caso particular ya que tiene una alta concentración de gasto en actividades de I+D y otras actividades comerciales, representando un 49,3 % del gasto total del sector.

Tabla 25. Principales actividades en las que gasta el sector comercio para diferentes países

País	Actividad principal	Actividades secundarias	
Colombia	Transporte y almacenamiento	I + D y otras actividades comerciales	Actividades inmobiliarias
Chile	I + D y otras actividades comerciales	Transporte y almacenamiento	Comercio mayorista y minorista, reparación
Alemania	Transporte y almacenamiento	Actividades inmobiliarias	I + D y otras actividades comerciales
Irlanda	I + D y otras actividades comerciales	Actividades inmobiliarias	Transporte y almacenamiento
Israel	I + D y otras actividades comerciales	Actividades inmobiliarias	Intermediación financiera
S. Corea	Transporte y almacenamiento	Actividades inmobiliarias	Correo y telecomunicaciones
México	I + D y otras actividades comerciales	Actividades inmobiliarias	Comercio mayorista y minorista, reparación
Singapur	Transporte y almacenamiento	I + D y otras actividades comerciales	Intermediación financiera
España	Transporte y almacenamiento	I + D y otras actividades comerciales	Electricidad, gas y suministro de agua

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

España y S. Corea también son particulares ya que en su tercera actividad más importante se encuentran la “electricidad, gas y suministro de agua” y “correo y telecomunicaciones” respectivamente.

Los diez productos más demandados en el sector colombiano se comparan con la demanda de los mismos productos para el sector comercio en los países de Chile, Alemania, Irlanda, Israel, S. Corea, México, Singapur y España en la Figura 128 en donde el orden de los países obedece a la suma total de los diez principales productos, mayor abajo, menor arriba:

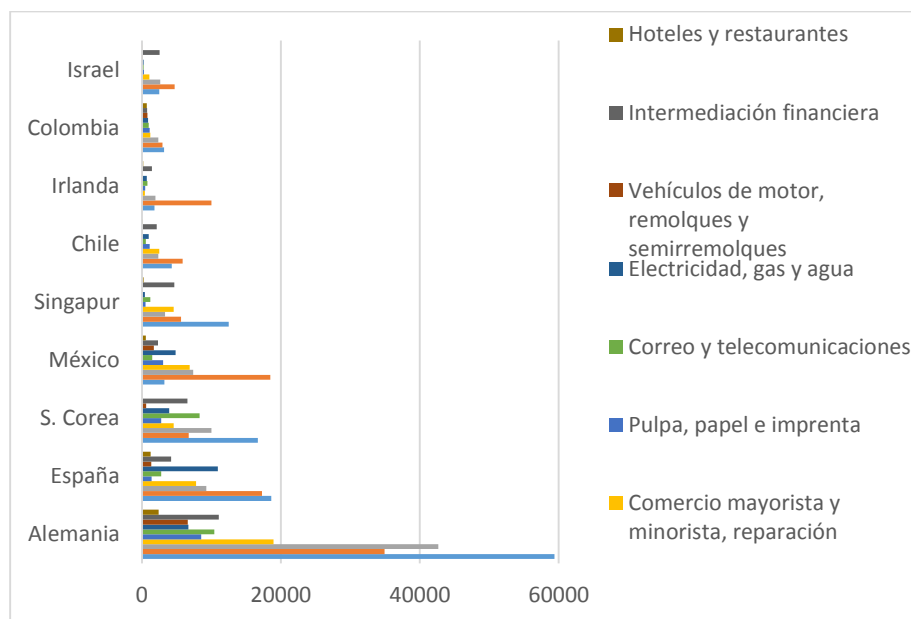


Figura 128. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector comercio.

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Alemania, España y S. Corea destacan como las economías más grandes en el sector comercio entre los países comparados anteriormente. En este sector en particular Alemania es muy superior a los demás países ya que sumando el gasto en toda su demanda alcanza los 251.872 millones de dólares para el año 2011, más que duplicando a España quien lo sigue con 95.480 millones de dólares, demostrando el desarrollo de Alemania en el sector de servicios.

### 7.3.3.3 Oferta y demanda de productos en sector comercio

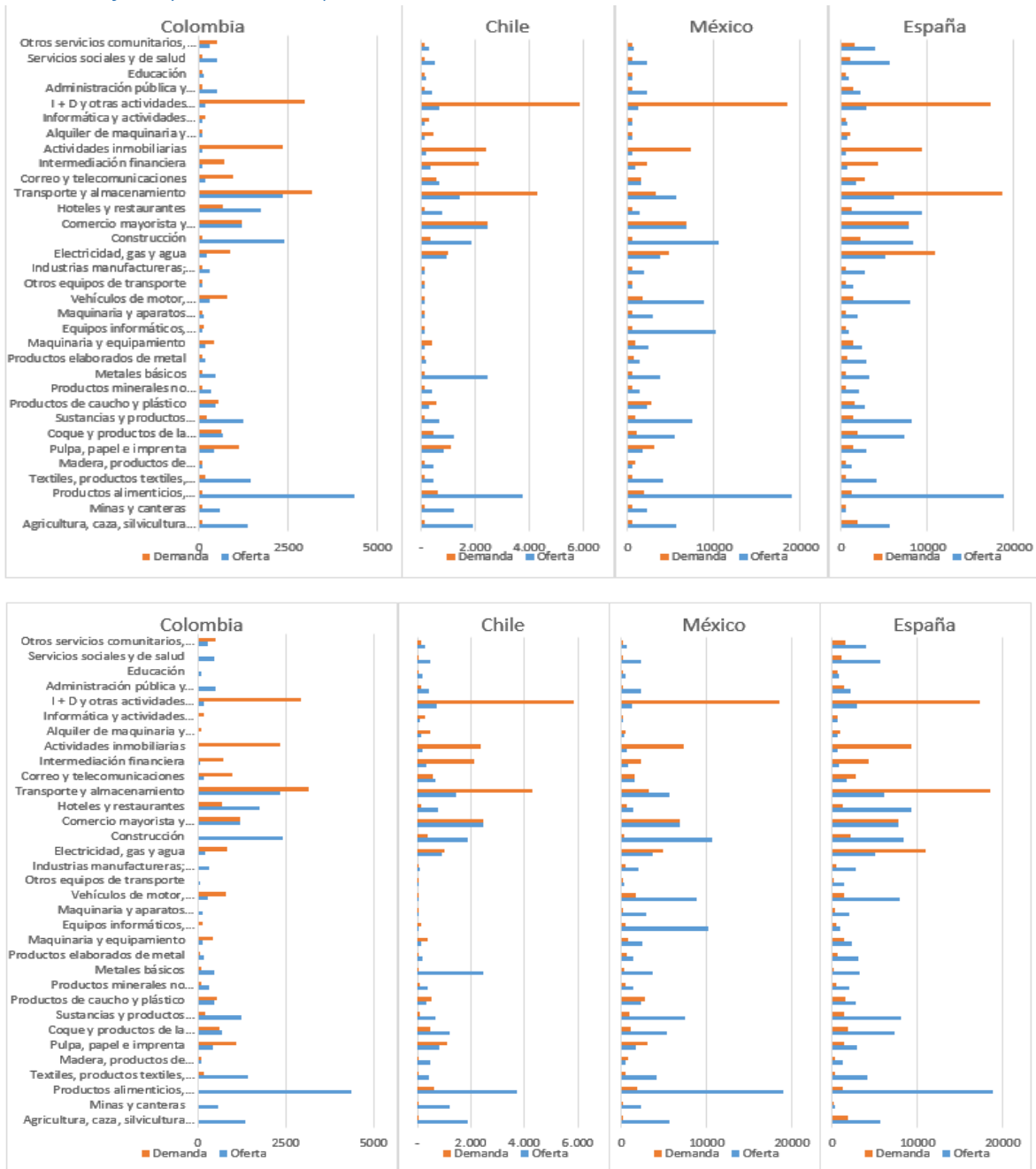


Figura 129. Oferta y demanda de productos en el sector comercio para diferentes países.

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Los productos que más oferta el sector comercio en los países hispanohablantes son los productos alimenticios, bebidas y tabaco, lo que demuestra la poca complejidad de las actividades del país, mientras que en Alemania los productos más ofertado son los vehículos de motor y en Sur Corea son los equipos informáticos y electrónicos, algo de esperarse dado el desarrollo de este país en este campo; finalmente Irlanda oferta en mayor medida productos químicos (Figura 129)

#### 7.3.3.4 Gasto energético del sector

La Matriz Insumo Producto analizada solo contiene dos grupos energéticos “Coque, productos de la refinación del petróleo (PRP)” y “Electricidad, gas y agua”, con la dificultad de que en este último grupo se agrega el gasto en agua junto a otros energéticos, lo que hace más difícil el análisis desde la perspectiva de demanda energética.

Sumando los dos grupos de energéticos, Alemania es el país que más gasta en energía y combustible en este sector, seguido por España y S. Corea como lo presenta la Tabla 26.

Tabla 26. Demanda energética por países en millones de dólares

País	Coque, PRP	Electricidad, gas y agua	Total
Alemania	6.199	6.665	12.864
España	1.848	10.934	12.782
S. Corea	4.755	3.916	8.671
México	1.085	4.824	5.909
Colombia	628	855	1.484
Chile	452	985	1.437
Irlanda	149	672	821
Singapur	363	419	782
Israel	97	251	348

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

España presenta un alto gasto en el grupo de Electricidad, gas y suministro de agua; pero sin la desagregación es difícil determinar específicamente qué causa este gran consumo, de forma similar ocurre en México.

La relación entre el PIB generado en el sector y el gasto en energía se presenta en la Tabla 27.

Tabla 27. PIB sectorial generado por gasto en energía

País	PIB sectorial/Gasto en energía
Singapur	107,5
Israel	101,9
Irlanda	49,6
México	43,8
Alemania	42,5
Colombia	31,7
Chile	30,7
S. Corea	19,7
España	19,2

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)



Colombia genera en PIB sectorial 31,7 veces lo que invierte en energía, mientras que Singapur e Israel tienen el retorno más alto por energía invertida con 107,5 veces y 102 veces respectivamente. Los países con menor retorno son España y S. Corea.

En la Figura 130 la inversión en energía realizada en el sector se compara con la demanda energética total del país con el objetivo de determinar el peso energético del sector dentro de la demanda energética total.

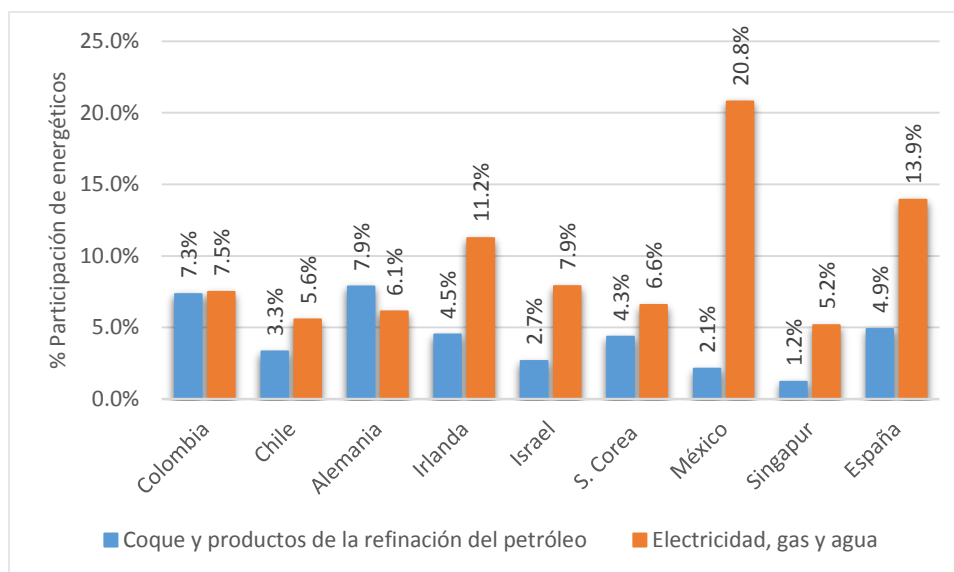


Figura 130. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

En cuanto a coque y productos de la refinación del petróleo, el sector comercio colombiano tiene una de las participaciones más altas dentro del gasto nacional con 7,3% apenas superada por la participación de Alemania que llega hasta 7,9%. La electricidad, gas y agua en el sector comercio mexicano tiene la participación más alta dentro de la demanda del país con 20,8% seguido por España con 13,9%.

La participación del gasto en energía dentro del gasto total del mismo sector para cada país es mostrada en la Figura 131 España y S. Corea son los países con más gasto en energéticos lo que era de esperarse de acuerdo a la Figura 130.

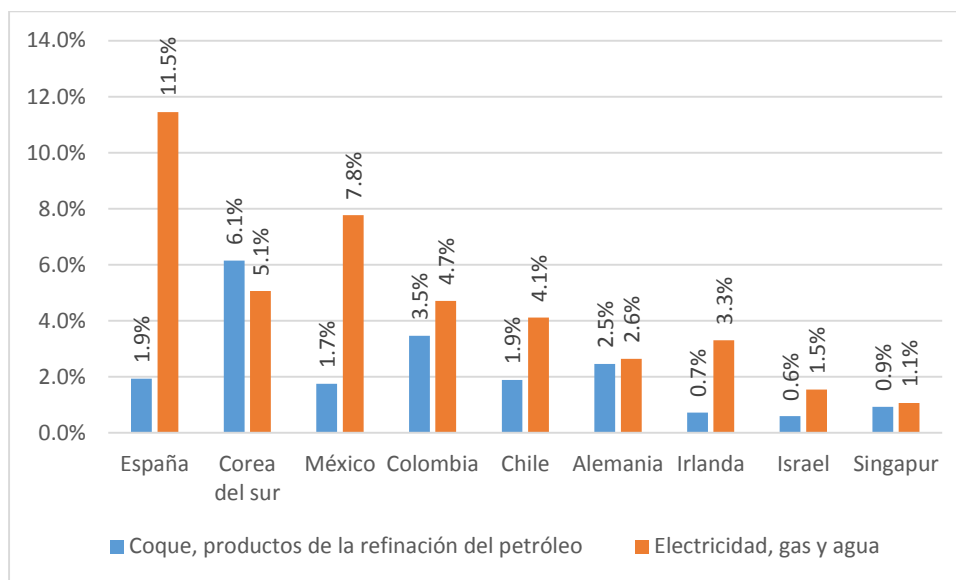


Figura 131. Participación de la demanda energética dentro del sector  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

#### 7.3.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector terciario-comercio

Aplicando el modelo de Cadena de Valor de Porter al Sector Comercio Colombiano (Figura 132), se tiene como insumo en la Logística de Entrada la mercancía que será distribuida, los repuestos y las herramientas para la operación, así como los diferentes energéticos usados en el sector.

En cuanto a consumo energético, tanto la Logística de Entrada como la Logística de Salida consumen básicamente combustibles líquidos los cuales son usados en el transporte de mercancía, distribución de productos y servicio de domicilio en caso de que la empresa no contrate este servicio con una empresa transportadora y cuente con su propia flota para este fin como es el caso del Grupo Éxito[1]. Las plantas eléctricas de respaldo también consumen combustibles líquidos y su intensidad de uso estará determinada por la confiabilidad del suministro eléctrico del sector.

Dentro de la categoría Operaciones el consumo energético está dominado por la energía eléctrica, seguido por Gas Natural y GLP, el uso de combustibles líquidos es despreciable.

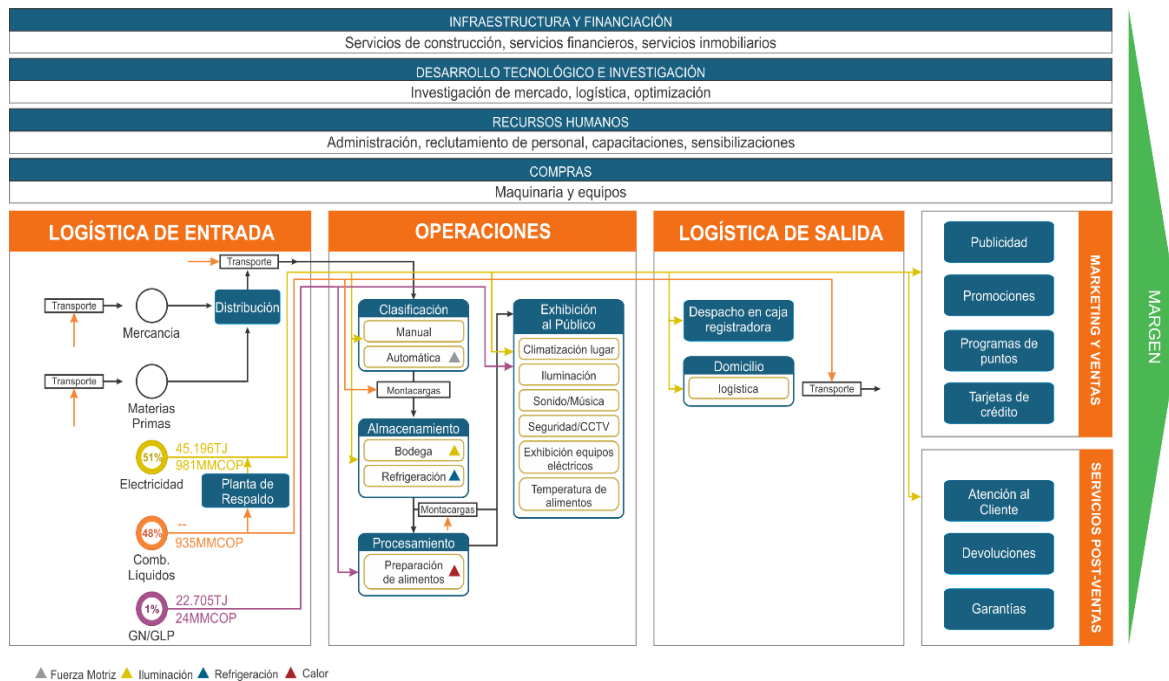


Figura 132 Cadena de valor sector comercio

#### 7.3.4.1 Consumo energético del sector comercio

Para determinar el consumo energético del sector se tomaron en cuenta dos fuentes de información: el Balance Energético Colombiano (BECO) realizado por la UPME[2] y la Matriz Insumo Producto (MIP) realizada por el DANE, estas fuentes reportan el consumo del sector en unidades de energía y en gasto de dinero respectivamente. Los datos se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Consumo Energético Sector Comercio

Energético	Consumo TJ	Gasto MMCOP
EE SIN	45.895	981
Comb. líquidos	-	935
GN/GLP	20.612	24
<b>TOTAL</b>	<b>66.507</b>	<b>1.940</b>

Fuente: UPME (2015), DANE (2014)

Es importante notar que mientras en el BECO no se refleja consumo de combustibles líquidos en la información reportada por el DANE este combustible tiene una representación del 48% en el gasto. Esta discrepancia puede indicar que en los datos de la MIP se está considerando el gasto en combustibles líquidos sin importar el uso final mientras que en los datos del BECO solo se considera el consumo energético en la actividad de comercialización y no en la operación de transporte ya que agregar el consumo en transporte generaría doble contabilidad teniendo en cuenta que dentro de las cuentas del BECO está desagregado el sector transporte.

#### 7.3.4.2 Caracterización de energía sector comercio

La caracterización energética es la determinación de cantidad de energía destinada a un uso particular, para el Sector Comercio la caracterización se realiza en la Operación por lo tanto no se tiene en cuenta el consumo energético en transporte. Para realizar la caracterización del sector se

usó la información del informe final, realizado por el consorcio Génesis para la UPME [46], la cual se presenta en la Tabla 29.

*Tabla 29 Caracterización Energética Sector Comercio por Participación (2013)*

Uso	% Consumo Energético
Iluminación	33,3%
Refrigeración	26,2%
Acond. Espacios	21,4%
Fuerza motriz	11,3%
Equipos de oficina	4,3%
Calor directo	2,5%
Serv. generales	0,7%
Otros usos	0,2%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Consorcio Génesis [46]

La iluminación y la gestión de la temperatura (refrigeración y acondicionamiento de espacios) son los usos de mayor demanda energética consumiendo casi el 80% de la energía en la operación del sector. La Fuerza motriz es realizada en ascensores, escaleras eléctricas, bombas eléctricas, extractores de aire y ventiladores. El calor directo es usado en hornos microondas y cafeteras.

Aplicando el porcentaje de participación de los diferentes usos se puede determinar el consumo energético de cada uso con respecto al consumo total a partir de los datos del BECO (Tabla 30). Teniendo en cuenta que la caracterización energética es de la operación solo se tendrá en cuenta el conjunto de energía eléctrica (EESIN) y Gas Natural con GLP (GN/GLP).

*Tabla 30. Consumo Energético Por Uso*

Uso	Consumo (TJ)
Iluminación	22.169
Refrigeración	17.440
Acond. Espacios	14.206
Fuerza motriz	7.513
Equipos de oficina	2.870
Calor directo	1.690
Servicios generales	491
Otros Usos	129
<b>Total</b>	<b>66.507</b>

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015) [46]

#### 7.3.4.3 Caracterización tecnológica por uso en el sector comercio

En la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36 se especifica el consumo energético por las diferentes tecnologías en los principales usos del sector. La participación de cada tecnología se tomó del estudio del Consorcio Génesis[3] y con estos datos se calculó el consumo energético a partir de los datos del BECO[2].

Tabla 31 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en iluminación sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Haluro Metálico	29,7%	6.584
Fluorescente tubular T8	29,5%	6.540
LFC	18,8%	4.168
Fluorescente tubular T5	12,7%	2.815
Halógena	2,0%	443
Fluorescente tubular T12	1,8%	399
Vapor sodio baja	1,8%	399
LED	1,3%	288
Vapor de mercurio	1,3%	288
Vapor sodio alta	0,6%	133
Incandescente	0,5%	111
Total	100%	22.169

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

Tabla 32 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en refrigeración sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Rack de refrigeración	82,0%	11.649
Vitrina	12,0%	1.705
Nevera	2,6%	369
Congelador	2,2%	313
Botellero	1,2%	170
Total	100%	14.206

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

Tabla 33 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en acondicionamiento de espacios en el sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Chiler por agua	73,4%	12.801
Chiler por aire	16,8%	2.930
Mini Split	3,7%	645
Split	4,0%	698
Compresor de tornillo	2,1%	366
Total	100%	17.440

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

Tabla 34 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en fuerza motriz en el sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Escalera eléctrica	46,4%	3.486
Bomba de agua	23,6%	1.773
Motores de máquinas Industriales	16,6%	1.247
Ascensor	13,4%	1.007
Total	100%	7.513

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

Tabla 35 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en equipos ofimáticos en el sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Computadores	50,2%	1.441

Equipos de impresión y reproducción	28,0%	804
Otros equipos electrónicos	17,7%	508
Rack comunicaciones	4,1%	118
Total	100%	2.870

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

Tabla 36 Caracterización de consumo y distribución de tecnología en calor directo en el sector comercio

Tecnología	%	Consumo (TJ)
Cafetera	47,60%	805
Horno microondas	26,60%	450
Cocción eléctrica	16,40%	277
Secador eléctrico	5,80%	98
Equipos para calentar agua	3,60%	61
Total	100%	1.690

Fuente: Consorcio Génesis (2012), BECO (2015)

#### 7.3.4.4 Caracterización energética por región

En el estudio del Consorcio Génesis se realiza un análisis de consumo energético por regiones las cuales agrupan varios departamentos cercanos, aunque estas regiones no necesariamente agrupan los departamentos de acuerdo a sus características climáticas sí sirven como aproximación para conocer las características de consumo en zonas con diferentes temperaturas:

##### 7.3.4.4.1 Regiones Frías

Una de las regiones analizadas en el estudio es la región centro, que comprende los departamentos de Cundinamarca incluyendo Bogotá, Boyacá, Casanare y Meta. Aunque el meta y el Casanare sean zonas cálidas, el consumo del conjunto entre Cundinamarca, Bogotá y Boyacá es mayor. El consumo energético para esta región se da de como lo presenta la Tabla 37.

Tabla 37. Participación de los diferentes usos en la región centro para el subsector comercio

Uso	Particip. %
Iluminación	48,10%
Refrigeración	21,37%
Fuerza motriz	13,59%
Acond. Espacios	6,44%
Equip. Oficina	5,63%
Calor directo	2,90%
Serv. Generales	1,46%
Otros usos	0,51%

Fuente: Consorcio Génesis (2012)

El mayor consumo se da en iluminación ocupando casi la mitad del consumo total, es seguido por refrigeración con un 21,37%, el acondicionamiento de espacios apenas consume un 6,5% del total.

##### 7.3.4.4.2 Regiones Cálidas

La Región Costa, está conformada por los departamentos de Guajira, Cesar, Atlántico, Bolívar, Magdalena, Córdoba y Sucre. El comportamiento en el consumo energético de esta región para el subsector comercio está dado como lo presenta la Tabla 38.

Tabla 38. Participación de los diferentes usos en la región costa para el subsector comercio

Uso	Particip. %
Acond. Espacios	57,39%
Refrigeración	16,05%
Iluminación	14,84%
Fuerza motriz	8,74%
Calor directo	1,51%
Equip. Oficina	1,18%
Serv. Generales	0,24%
Otros usos	0,05%

Fuente: Consorcio Génesis (2012)

En esta región el consumo más alto se da en el acondicionamiento de espacios, consumiendo más de la mitad de la energía demandada en el sector (57,4 %), es seguido por la refrigeración con un 16% y la iluminación en esta región apenas ocupa el 15 % del consumo total tal y como se observa en la Figura 133.

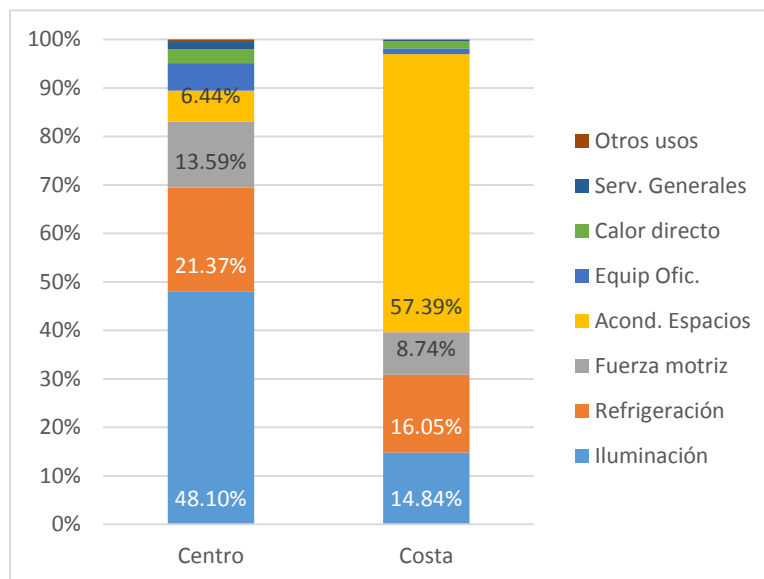


Figura 133. Participación por uso final en región centro y región costa

Fuente: Consorcio Génesis (2012)

#### 7.3.4.5 Tendencias en consumo

El desarrollo e implementación de tecnologías más eficientes en iluminación y refrigeración tendrán un gran impacto en el consumo total del sector teniendo en cuenta el gran consumo de estos usos.

Dentro del Programa de Uso Racional de la Energía y Fuentes no Convencionales (PROURE) se encuentra el subprograma “Difusión sobre tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado en el sector comercial, público y servicios” [4] lo que refleja el interés del gobierno central en promover políticas que mejoren la eficiencia energética en el sector lo que puede marcar una tendencia hacia el futuro.

Aprovechando el área disponible en terrazas que tienen los almacenes de grandes superficies, algunos han empezado a instalar sistemas de energía solar logrando auto-generar su propia energía. Esto promete ser una tendencia creciente en el sector.

## 7.4 Sector Terciario-servicios

### 7.4.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector terciario-servicios y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

Para el sector Hotelería y Servicios se analizan los consumos presentados en la matriz de Balance Energético para Colombia, ya que la Agencia Internacional de Energía no reporta información desagregada para este sector. El comportamiento en el consumo de energéticos se analiza con base en la información levantada por la Fundación Bariloche (periodo 1980-2005) y por BECO (periodo 2006-2015); posteriormente se hace el análisis de la matriz Insumo Producto identificando los principales sectores que le consumen recursos.

En la Figura 134da cuenta de los consumos de energía de Hotelería y Servicios en Tera Joules (TJ), mostrando la demanda revelada para el sector energético colombiano.

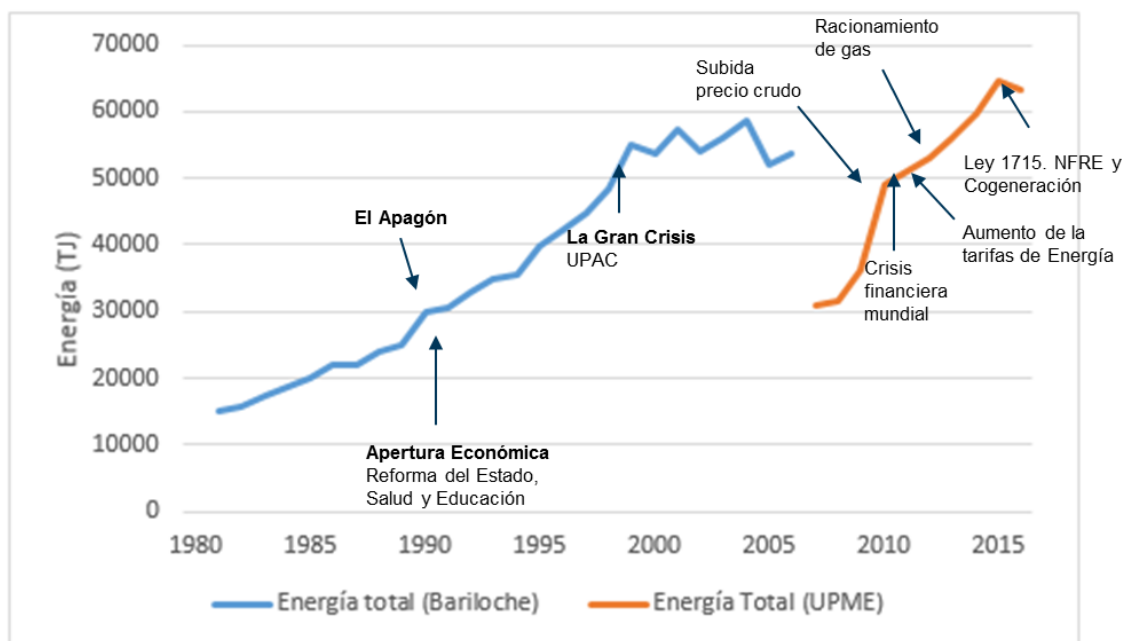


Figura 134 Consumo Total energía Hotelería y Servicios  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

Los consumos para el sector se comportan crecientes, según la información reportada por la Fundación Bariloche, desde el año 1980 hasta el año 1999 a partir del cual se muestran unos ligeros altibajos con comportamiento de cierra hasta el año 2005. El crecimiento del consumo para este sector en el periodo 1980-2005 es cercano al 260%, pasando de consumir cerca de 14.923 TJ a 53.688 TJ.

Para el año 2006 hay un cambio en la fuente, se usan los reportes de BECO, produciendo salto negativo en los consumos equivalente a 42.2%. Se sugiere un subregistro de información por la dificultad que tendría un sector para disminuir los consumos de energía en semejantes magnitudes



en un solo periodo de tiempo. A pesar de esta situación BECO también reporta crecimiento, logrando un incremento cercano al 103.6% en tan solo 10 años (2006-2015). Vale la pena mencionar el hecho de que para el año 2015 el consumo cae levemente en un 2.1% lo que puede mostrar un indicio de comportamiento en cierra en el corto plazo. De manera general el consumo medio para el sector es cercano a 43.178 TJ, haciendo la claridad que es un sector que presenta una mayor demanda de energía a medida que pasa el tiempo.

Cuando entramos a observar los consumos por tipo de energéticos, se observa que este sector consume principalmente de tres tipos, detallados a continuación:

- Gas: Natural y Licuado.
- Petróleo y Diesel Oil.
- Energía Eléctrica.

El consumo de Gas Natural y Gas Licuado para el sector turismo (Figura 135) en el año 1980 es pequeño, comparado con otros energéticos, pero va tomando fuerza a medida que pasa el tiempo. Para 1980 la participación de este energético es de 0,5 %, pero para el año 2005 representa cerca del 32 % de los energéticos. Este comportamiento se observa en la gráfica que sigue.

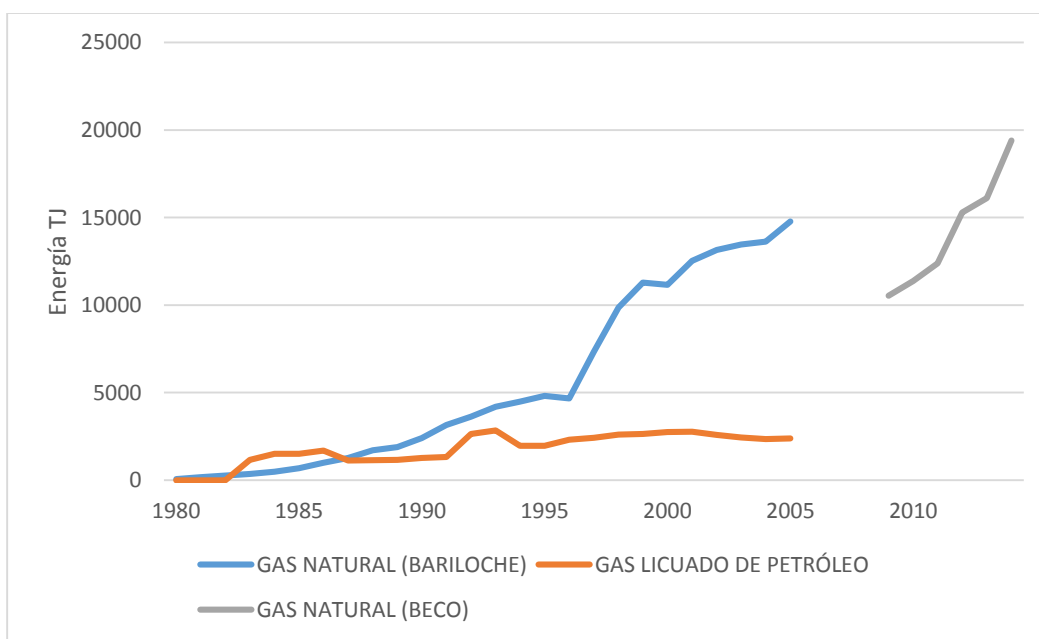


Figura 135 Consumo de gas en Hotelería y servicios  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

El Consumo de Gas Natural, según la Fundación Bariloche, comienza con un crecimiento marginal desde el año 1980 hasta el año 1985, punto en el que comienza una etapa de crecimiento más pronunciada que se prolonga hasta el año 1996. A partir de ese año este energético experimenta su mayor crecida, alcanzando al año 2000 un crecimiento del 28 % en tan solo cuatro años. El consumo de gas natural en este sector se sigue mostrando creciente hasta el año 2005. El consumo de Gas licuado, según la misma Bariloche, muestra un comportamiento tendencial y controlado con algunos ciclos de crecimiento que se experimentan entre 1983 y 1986, y un segundo ciclo entre 1992 y 1994. Posterior a cada ciclo se presenta un estado estable de consumo.

La serie registrada por la UPME presenta registros para este energético en este sector a partir del año 2009, mostrando una crecida pronunciada hasta el año 2014, pasando de 10.540 TJ a 19.408 TJ. En este punto la serie presenta una caída del 11,2 % que se registra para 2015.

Adicionalmente, los energéticos derivados de petróleo y petróleo es uno de los grupos de energéticos que más se consumen en este sector, teniendo en cuenta que su participación es cercana al 23 % según los registros de la fundación Bariloche. El comportamiento de este grupo se muestra en la siguiente gráfica, mostrando las series registradas por la Fundación Bariloche para Petróleo y Diésel Oil. Para este energético BECO no registra información

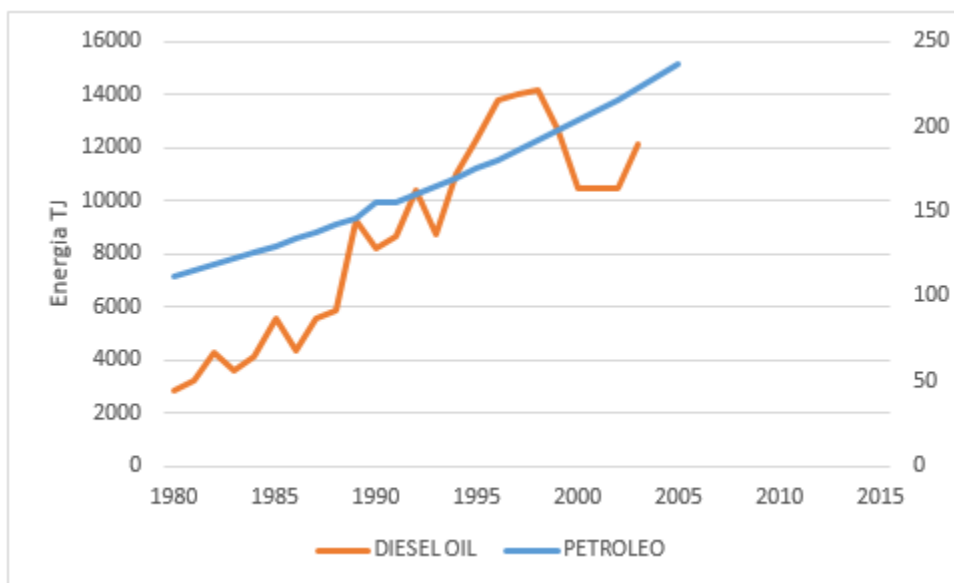


Figura 136 Consumo Gasolina y Diesel Oil en Hotelería y Servicios  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche

En la Figura 136 se muestra el comportamiento para dos energéticos de este grupo. En el eje primario se muestran los consumos para Diésel oil (curva naranja), en el eje secundario se grafican los consumos para el petróleo (curva azul), con menores volúmenes de consumo que el de su acompañante. El diésel oil muestra ciclos de crecimiento a lo largo del análisis, con pequeñas subidas y bajadas en diferentes periodos de tiempo. Es solo hasta el año 1994 cuando se da un ciclo de crecimiento más pronunciado que los anteriores hasta el año 1998, a partir del cual sufre una caída hasta el año 2000 donde muestra una nueva tendencia de crecimiento.

Cuando se analizan los consumos del petróleo, se observa una pendiente positiva cercana a los cuatro TJ/año. Este comportamiento se ve reflejado en toda la serie, donde no se percibe ningún cambio decreciente en el consumo de este energético. El aumento en el consumo de este energético entre 1980 y 2005 es cercano al 112%, siendo éste un valor muy significativo.

Finalmente, el consumo de energía eléctrica es el energético más utilizado en este sector, con una participación cercana al 80% para el año 1980, participación que ha variado en el tiempo. En la Figura 137 se muestran los datos registrados por la fundación Bariloche y por BECO.

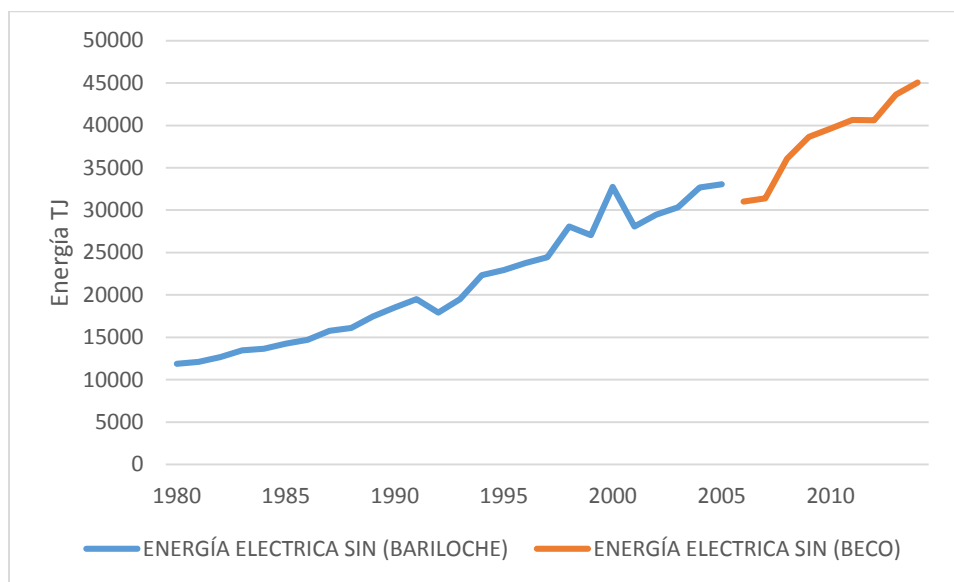


Figura 137 Consumo Energía Eléctrica en Hotelería y Servicios  
Fuente: Elaboración propia datos tomados Bariloche y BECO

El crecimiento en el consumo de este energético para este sector se evidencia en la gráfica para ambas series (Bariloche y BECO), pero la participación del mismo es variable por la importancia que toman otros energéticos en el sector. En la serie reportada por la Fundación Bariloche se percibe un crecimiento sostenido durante todo el periodo analizado, a excepción del año 1993 donde se muestra un valle que se recupera rápidamente al año siguiente además de tener picos para 1998 y 2000. El cambio entre las dos series no es abrupto, por lo que se podría inferir que los consumos para este energético en el sector Hotelería y Servicios son coherentes entre las dos series. La serie registrada por la UPME muestra un crecimiento cercano a los 32.135 TJ entre el 2006 y el 2015, con una pequeña caída en el año 2012 de 60 TJ, que es rápidamente superada en el siguiente año.

#### 7.4.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector terciario-servicios a nivel nacional

##### 7.4.2.1 Subsector Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas

Los principales consumos intermedios de este subsector se concentran en bebidas, carnes y pescados, además de servicios a las empresas (inmobiliarios y otros). La Figura 138 muestra que su consumo de energéticos es bajo, con alrededor de 1 % para gas domiciliario y energía eléctrica, exceptuando el año 2014 donde la energía eléctrica creció a un 2%.

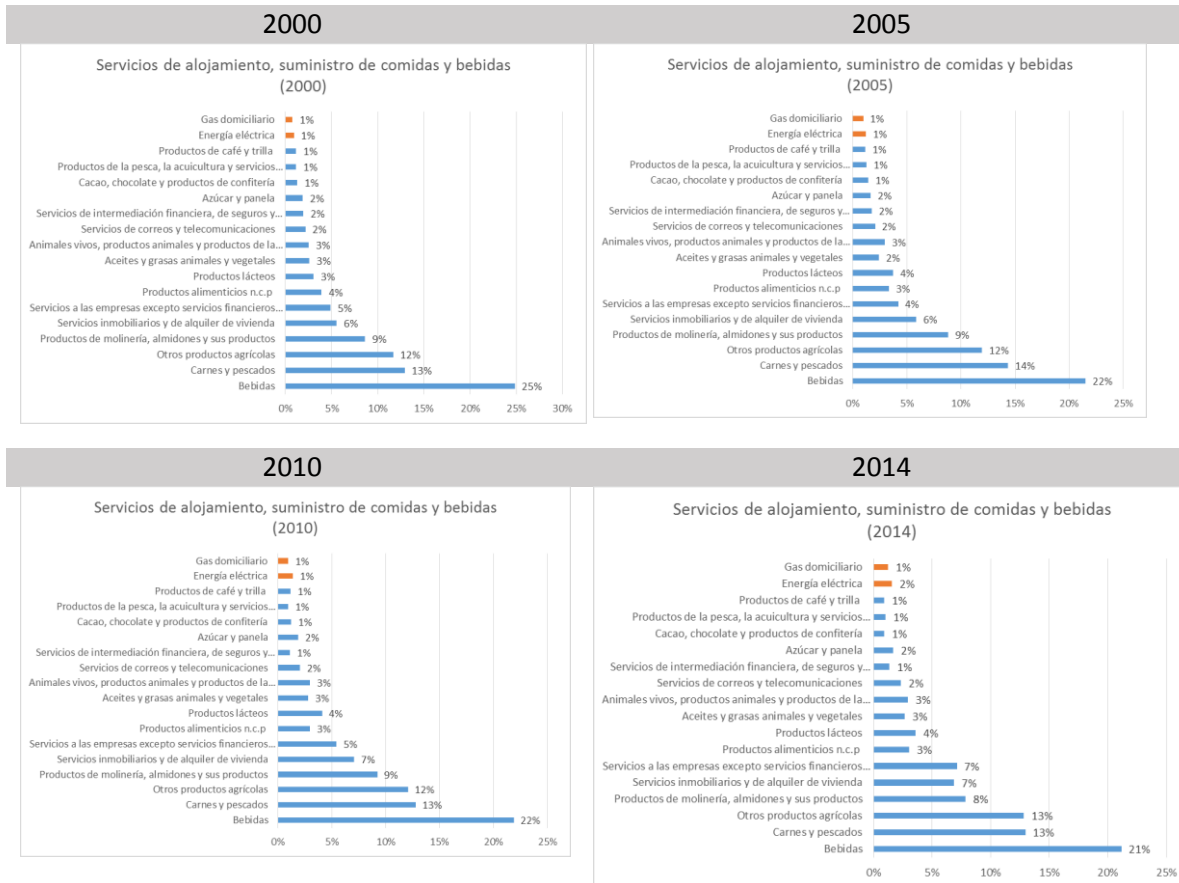


Figura 138 Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas: Porcentaje de participación por producto

Con respecto al consumo de energéticos, se observa un crecimiento similar en las curvas de energía eléctrica y gas domiciliario, que han tenido dos puntos de inflexión con un comportamiento con pendiente decreciente: en el año 2002, donde se presentó una disminución aproximadamente de un 10 % en el consumo de energía eléctrica, y en el 2007 donde se evidenció un aumento cercano al 12 % en el consumo de gas domiciliario y una disminución en el consumo de productos de la refinación del petróleo, aproximadamente un 5 % (Figura 139 y Figura 140).

Una de las causas que podría responder al comportamiento del año 2002 es la normatividad establecida en la ley 697 de 2001, donde se fomenta el uso racional y eficiente de la energía.

Para el 2007 las causas pueden ser diversas, pero un indicativo podría ser el precio del petróleo, que tuvo un pico ese año, que podría haber llevado al subsector a buscar alternativas más baratas como el gas domiciliario. Consecuentemente, el precio del petróleo tuvo una abrupta disminución en el 2008, que explicaría igualmente el comportamiento que muestra dicho año.

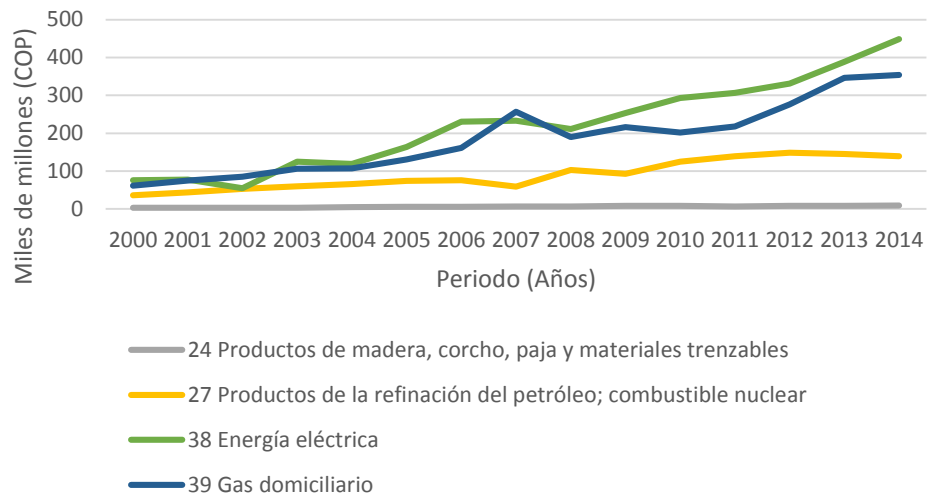


Figura 139: Consumo en miles de millones discriminado por energético

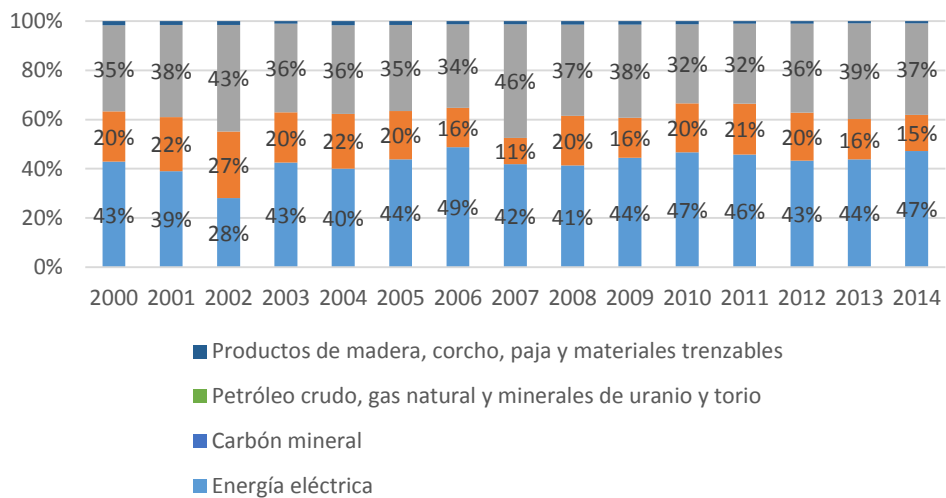


Figura 140: Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía

#### 7.4.2.2 Subsector Servicios de correos y telecomunicaciones

La Figura 141 muestra que este subsector tiene como su principal consumo intermedio asociado a los servicios para las empresas exceptuando servicios financieros, con un porcentaje de consumo del 21 %. Este consumo intermedio se sostiene desde el año 2000 a la actualidad. Seguidamente, se encuentra el subsector de los servicios de intermediación financiera, mostrando un comportamiento decreciente entre el año 2000 y 2005, pero a partir de este año se presenta un continuado crecimiento, con dos puntos porcentuales de crecimiento cada cinco años.

En relación al consumo intermedio de energéticos, se observa que la energía eléctrica posee mayor participación con un 6 % a 2014, seguido de los productos de refinación de petróleos que se han mantenido constantes en el transcurso del tiempo y finalmente el gas domiciliario posee muy poca

participación en el sector de correos y telecomunicaciones, contando con una participación de un 1%.

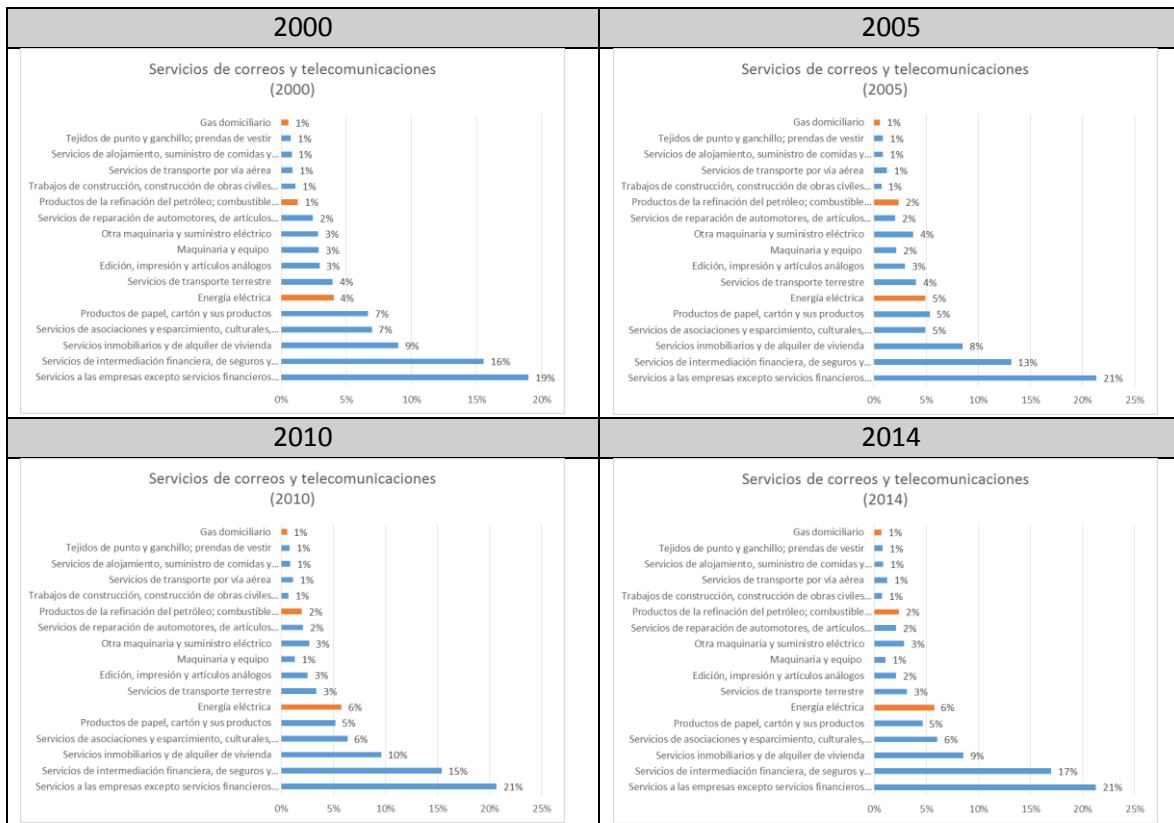


Figura 141 Servicios públicos y de gobierno: Porcentaje de participación por producto

Adicionalmente, la tendencia en el consumo de energía eléctrica ha presentado una pendiente creciente a lo largo del tiempo, con un crecimiento promedio aproximadamente del 11 %. Por su parte, los productos de la refinación del petróleo han tenido un aumento promedio del 13 %; se puede observar como en el año 2008 se presenta un aumento cercano al 6% en el consumo de productos de la refinación del petróleo, influenciado por los precios del crudo. (Figura 142 y Figura 143)

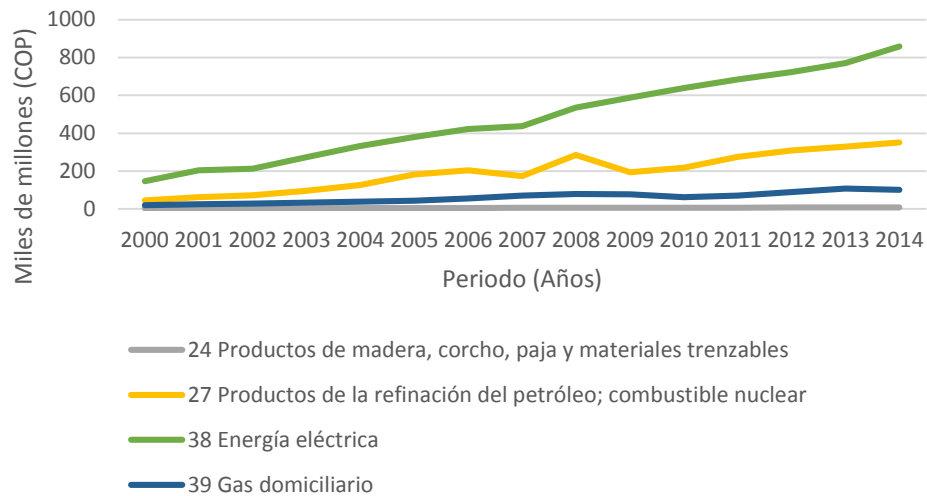


Figura 142 Consumo en miles de millones discriminado por energético

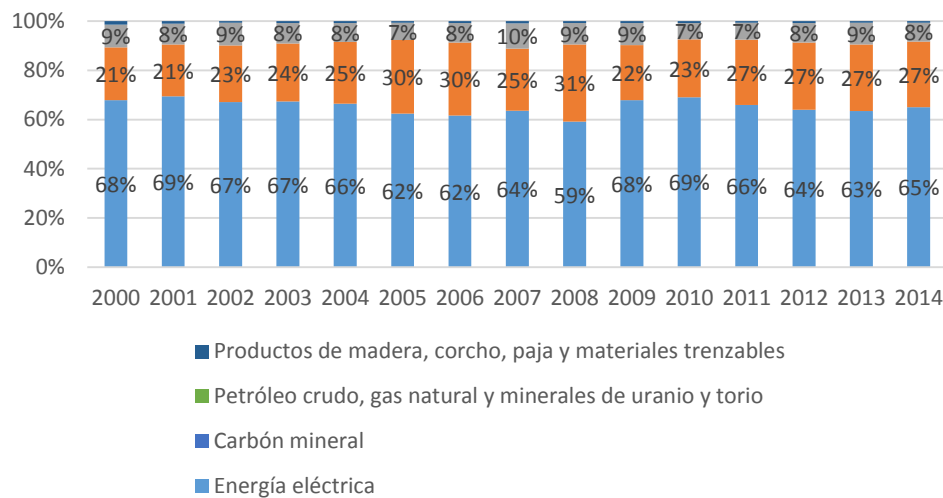


Figura 143 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

#### 7.4.2.3 Subsector Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos

Como se puede observar en la Figura 144 los principales subsectores que tienen relación con los servicios de intermediación financiera con los servicios a empresas, servicios inmobiliarios y servicios de transporte aéreo, cada uno con una participación de producto del 29%, 8% y 6%, respectivamente. Seguidamente a estos servicios, se encuentran correos y telecomunicaciones y maquinaria y suministro eléctrico, aunque con una participación de producto entre el 2% y el 4%.

En cuanto a los energéticos, es la energía eléctrica la única que tiene participación en el sector de intermediación financiera, con un porcentaje constante del 3% y aproximadamente 600 miles de millones de pesos.

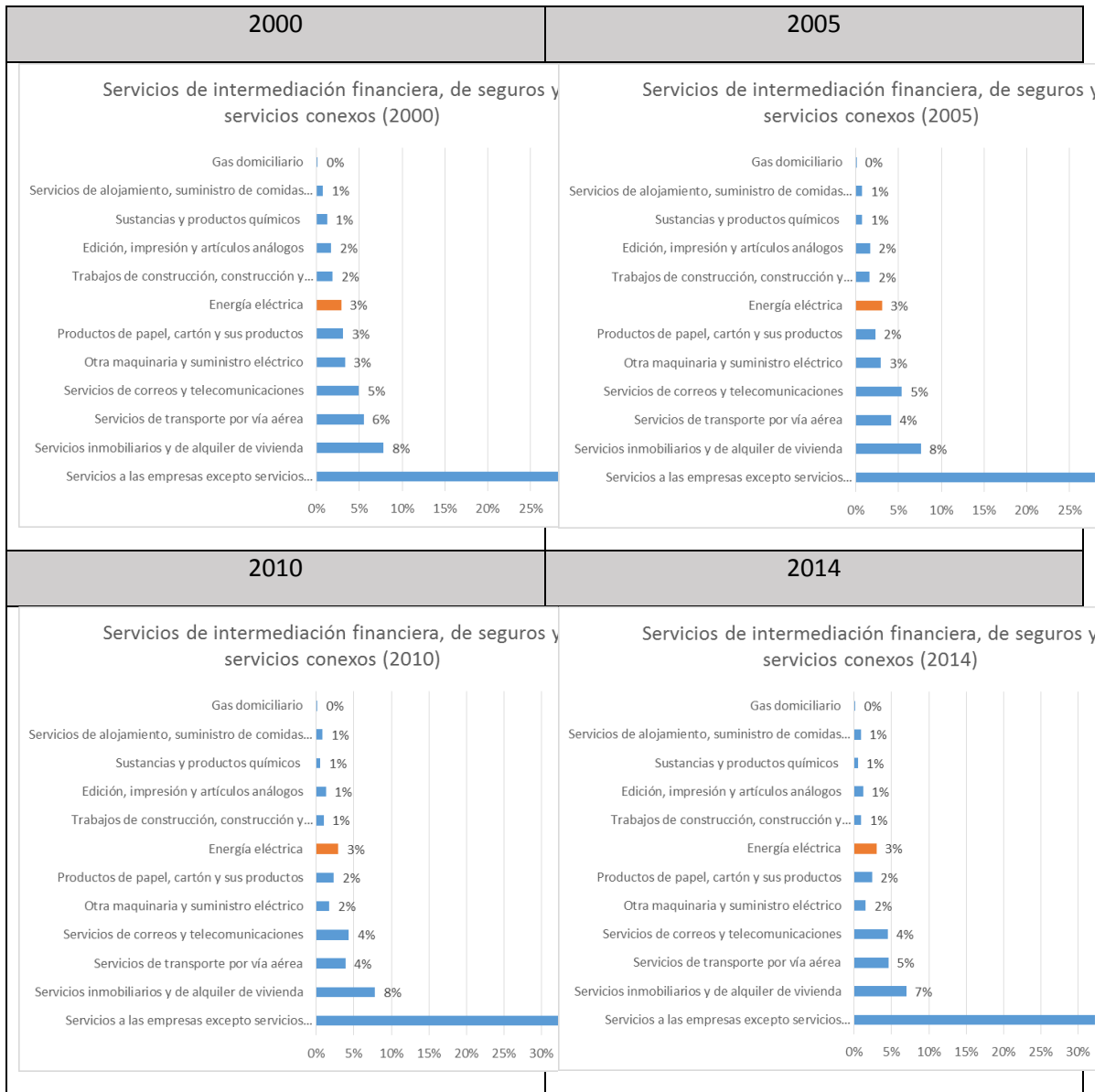


Figura 144 Porcentaje de participación por producto  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Por su parte el gas domiciliario posee una participación mínima con respecto al actual subsector objeto de estudio, con un aporte de 27 miles de millones de pesos en el año 2014 como lo muestra la Figura 145. Seguidamente se encuentran los productos derivados del petróleo, con una variación entre el 0 % y el 1 %, con un consumo intermedio de 4 miles de millones de pesos para el año 2014.



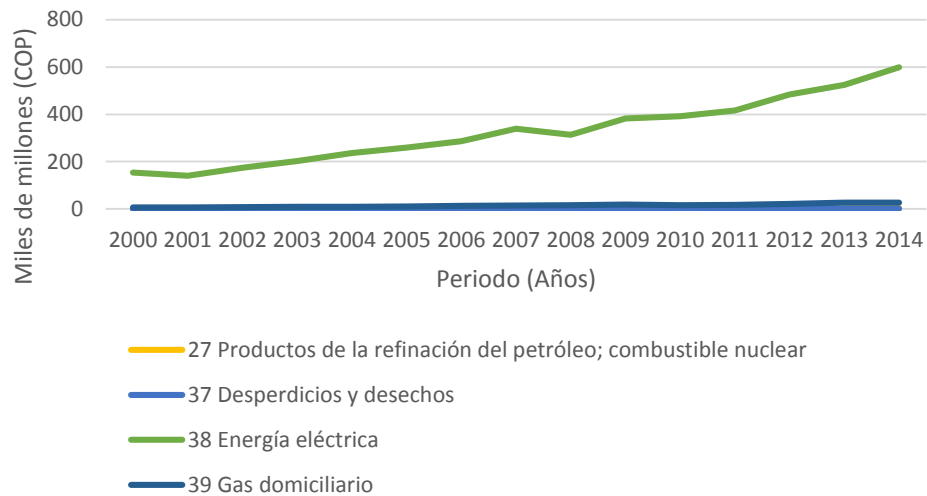


Figura 145 Consumo en miles de millones discriminado por energético

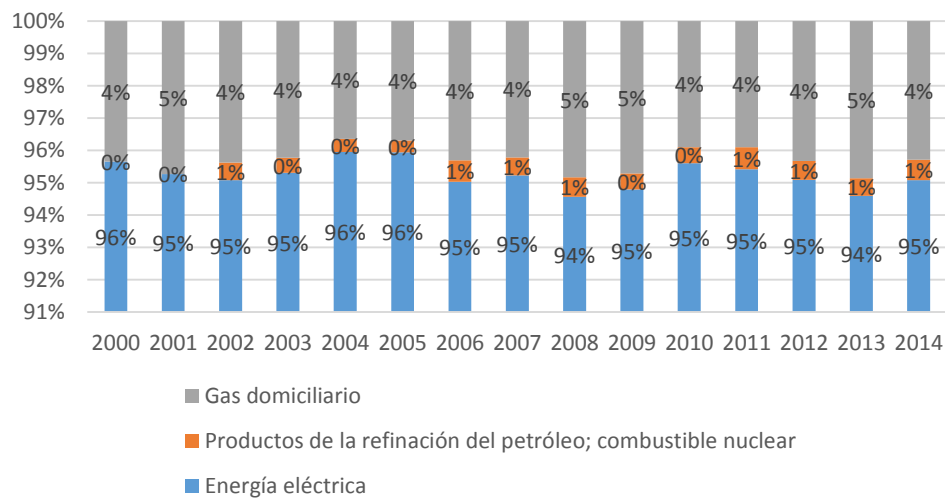


Figura 146 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía

#### 7.4.2.4 Subsector Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios

La Figura 147 presenta los consumos intermedios asociados a los subsectores que se encuentran relacionados con los servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios. Se observa que los servicios de intermediación financiera, de correos y telecomunicación e inmobiliarios son los que mayor aporte realizan, con un porcentaje de participación entre el 8 % y el 12 %. El servicio de correos y telecomunicaciones viene disminuyendo su porcentaje respecto al año 2000, donde presentaba un 10 % y para el año 2014 posee un porcentaje de participación del 7%.

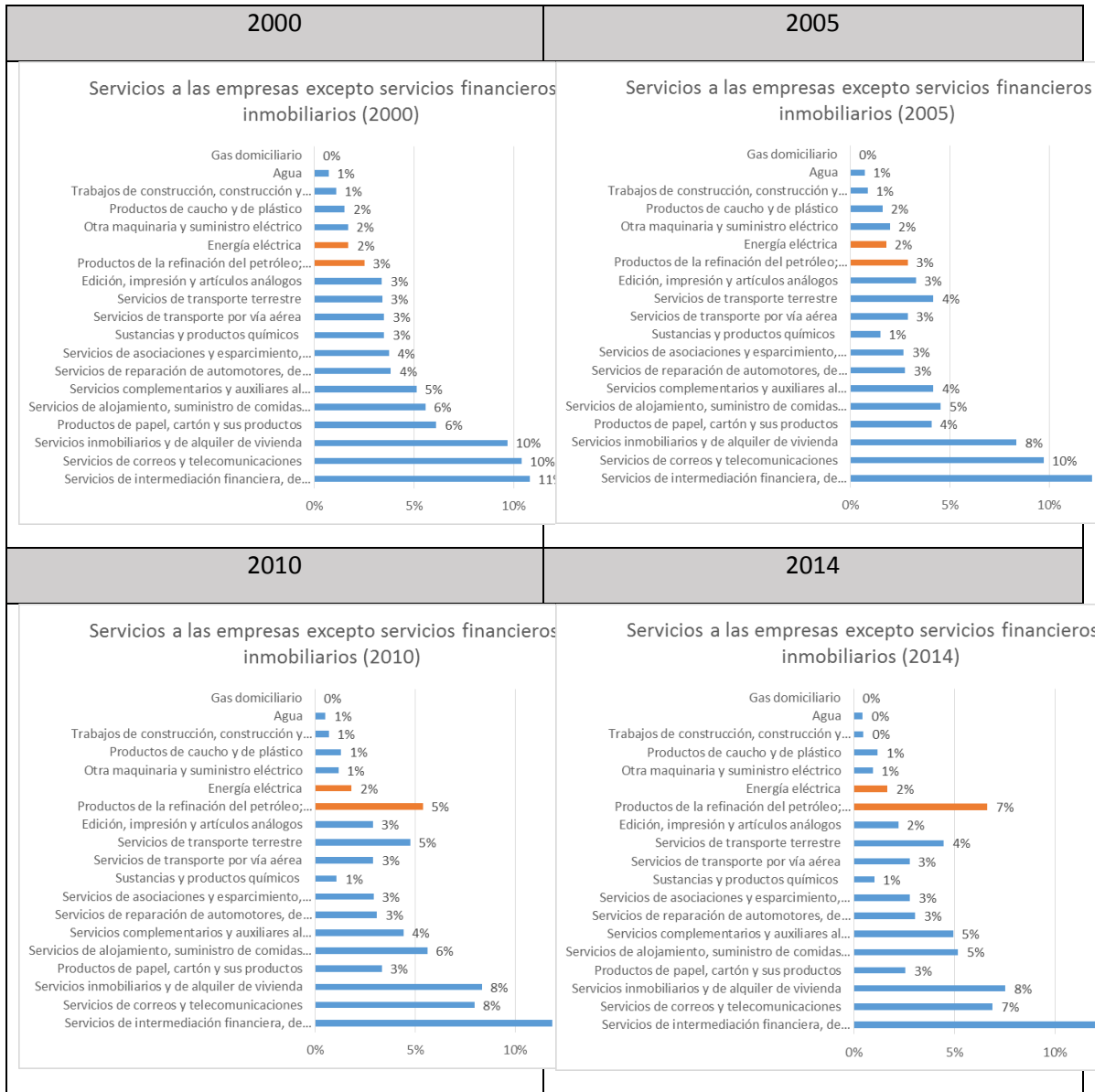


Figura 147 Porcentaje de participación por producto

En cuanto a los productos de la refinación del petróleo, su comportamiento ha sido creciente con el tiempo, pasando de un 3 % en el 2000 a un 7 % para el 2014. Se evidencia un promedio de crecimiento de aproximadamente un 10 % de un año respecto al anterior. Y el gasto para el año 2000 había sido de 106 miles de millones y para el año 2014 ya era de 1259 miles de millones de pesos como lo muestra la Figura 148. Este continuado crecimiento se debe a la participación del parque automotor en los servicios a las empresas. Al igual que los servicios de alojamiento, alimentación, correos y telecomunicaciones, se presenta un pico de consumo en el año 2008 y como se ha mencionado es influenciado por los costos del crudo en dicho periodo.

Por su parte, la energía eléctrica ha mantenido un crecimiento con una pendiente leve pero sostenida en el tiempo, aunque se evidencia una disminución en el porcentaje de participación, pasando de un 48 % en el año 2002 a un 20 % en el año 2014; afectado principalmente por el aumento en el consumo de productos derivados del petróleo que se ha presentado en la última década en el sector de servicios a las empresas. En el 2007 se presenta una disminución en la participación de la energía eléctrica de un 10% aproximadamente, presentado por el desplazamiento de los productos derivados del petróleo (Figura 149)

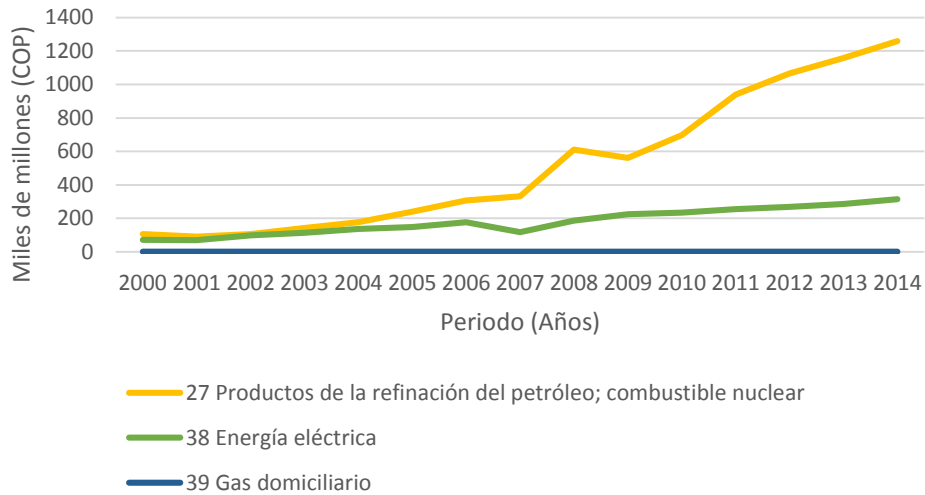


Figura 148 Consumo en miles de millones discriminado por energético

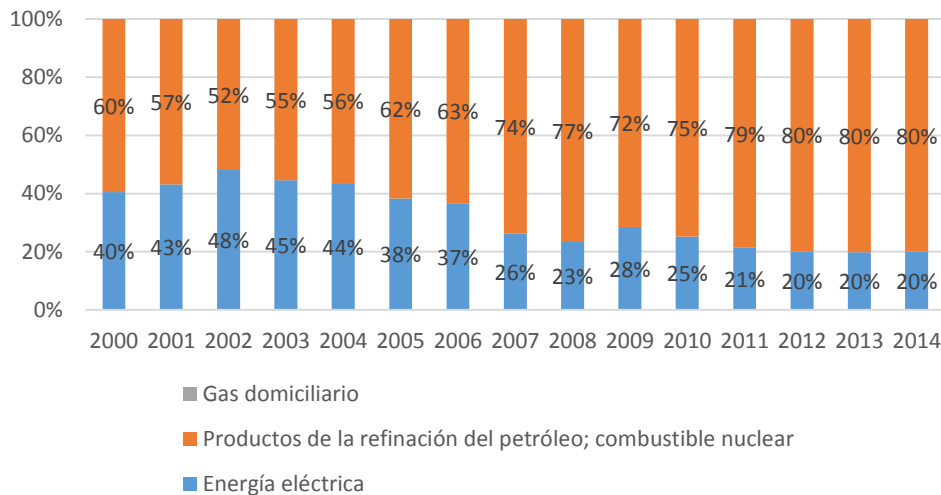


Figura 149 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía

#### 7.4.2.5 Subsector Administración pública y defensa; dirección, administración y control del sistema de seguridad social

La Figura 150 muestra que la administración pública y defensa se ve altamente influenciada por los servicios a las empresas excepto servicios financieros, servicios de intermediación financiera y trabajos en construcción. Los dos primeros con una participación promedio del 24 %.

Posteriormente, se encuentra la participación de maquinaria y equipo y energía eléctrica, este último ganando contribuyendo en mayor proporción a medida que pasa el tiempo. Pasando de un 4% en el año 2000 a un 6 % en el año 2014.



Figura 150 Porcentaje de participación por producto  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Una relación estrecha en el porcentaje de crecimiento se presenta entre la energía eléctrica y los productos derivados del petróleo, aunque este último se ha impuesto; debido a que para el año 2000 el porcentaje de participación de energía eléctrica era de un 53 % y para los productos derivados del petróleo era de un 34 %, contrariamente a lo que ocurre para el año 2014 en donde los productos derivados del petróleo sobrepasan a la energía eléctrica, con un porcentaje de participación del 46 % y del 44 % respectivamente. Concluyendo, que el camino perdido por la energía eléctrica se ha trasladado a los derivados del petróleo. La Figura 151 presenta tres puntos de cruce entre la energía eléctrica y el petróleo; en el periodo entre 2005 y 2008 se presenta un crecimiento mayor por parte de los derivados del petróleo, en dicho año hay un punto de inflexión debido a los costos altos del crudo recuperando luego la participación en el año 2010.

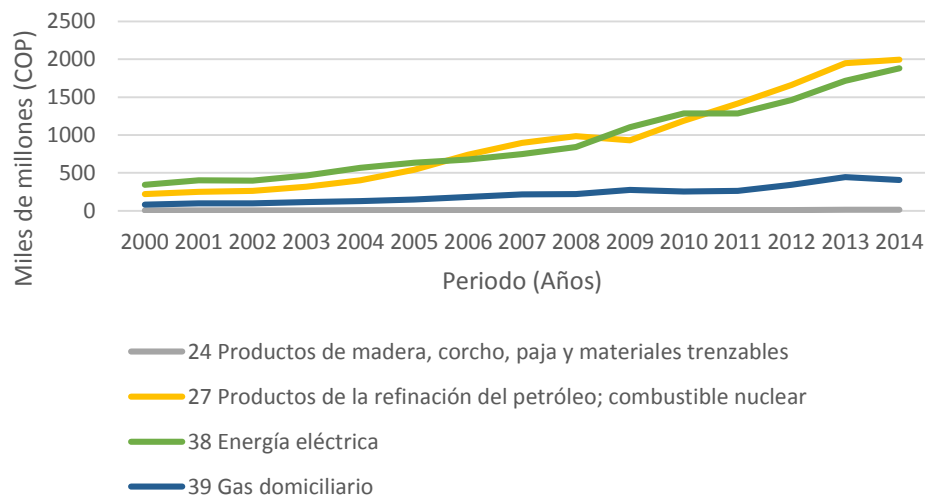


Figura 151 Consumo en miles de millones discriminado por energético

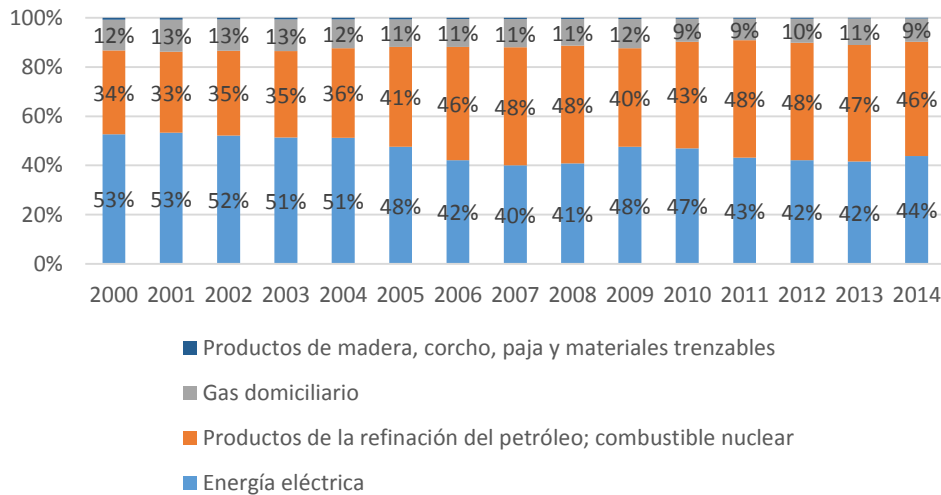


Figura 152 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía

#### 7.4.2.6 Subsector Servicios sociales y de salud de mercado

La Figura 153 permite evidenciar que el subsector de servicios sociales y de salud de mercado presenta una alta participación de las sustancias y productos químicos, con un porcentaje de participación para el año 2000 del 24 %, aunque en los últimos años ha decrecido su contribución, llegando a ser en 2014 del 15 %.



Figura 153 Porcentaje de participación por producto

En cuanto a los energéticos, es la energía eléctrica la que aparece con mayor contribución al sector de servicios sociales y salud, aunque la tendencia ha decrecido con el tiempo pasando de 2 % a 1,97 % a 2014; con valores cercanos a los 460 miles de millones de pesos. Por su parte los productos derivados del petróleo van ganando participación en relación a la energía eléctrica, pasando de un 5 % a un 10 %, contrariamente lo que sucede con la energía eléctrica que disminuyó de un 87 % a un 78 %. La Figura 154 presenta un pico de crecimiento en el año 2006, influenciado por el cargo

por confiabilidad, los esquemas de energía en firme y el respaldo de generación de energía para el sector salud. Inmediatamente en el año siguiente, se presenta una disminución del consumo de energía eléctrica en un 6 %, debido a la crisis financiera presentada a nivel mundial.

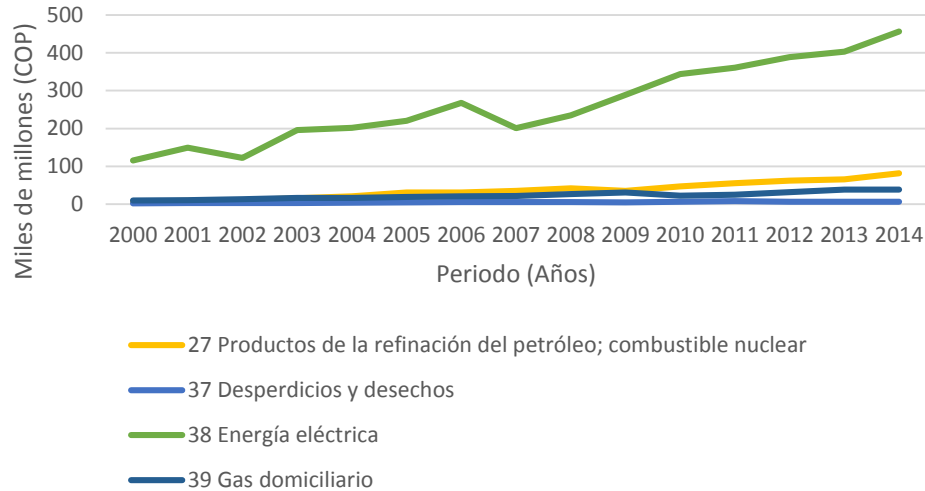


Figura 154 Consumo en miles de millones discriminado por energético  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

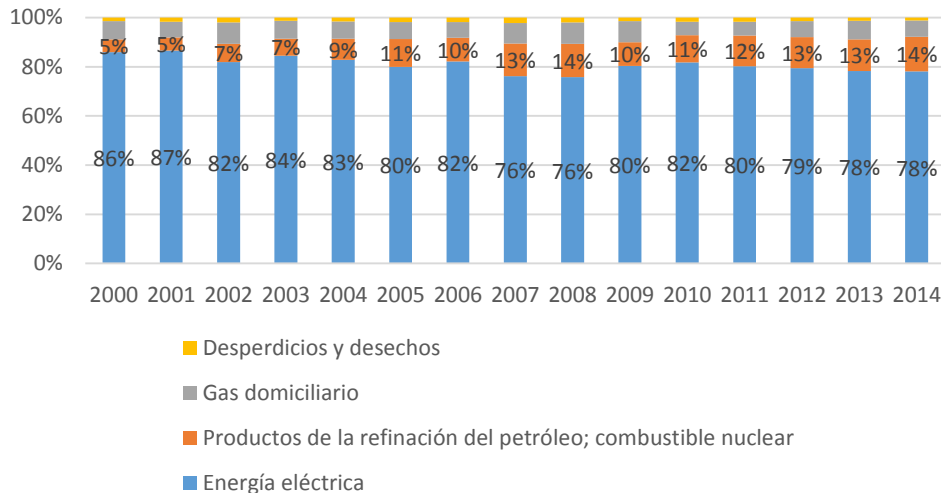


Figura 155 porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

#### 7.4.2.7 Subsector Servicios de alcantarillado y eliminación de desperdicios, saneamiento y otros servicios de protección del medio ambiente

Los servicios de alcantarillado y eliminación de desperdicios presentan una alta participación de los servicios a las empresas, trabajo de construcción y servicios de intermediación financiera. Cada subsector presenta para el año 2014 una participación del 44 %, 13 % y 17 %, respectivamente. Se observa de la Figura 156 un decaimiento en los trabajos de construcción, debido a que en el año

2000 poseía una participación del 22%. Por su parte, los servicios a las empresas han crecido continuamente desde el año 2000, llegando a su componente mayor en el 2014.

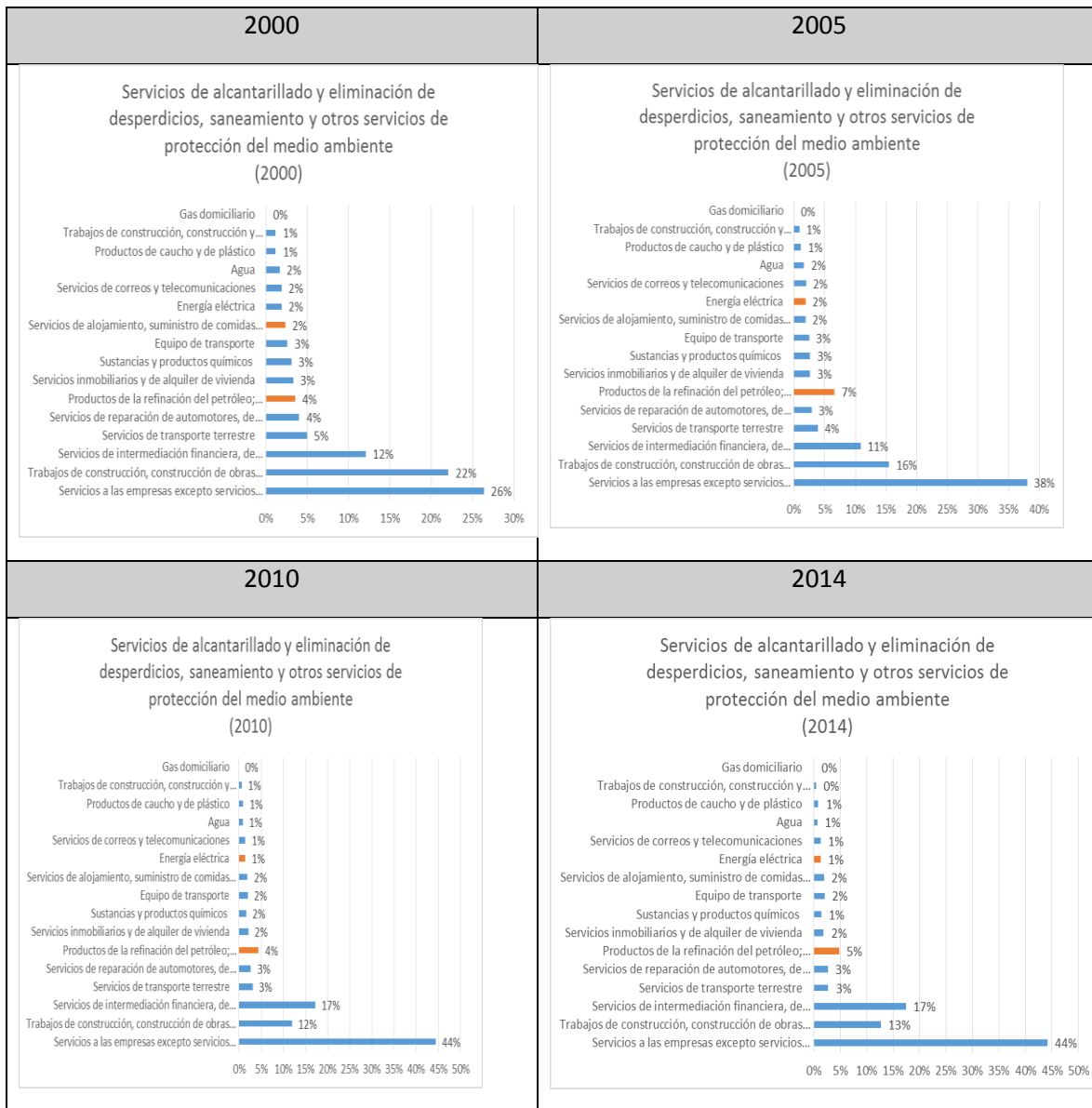


Figura 156 Porcentaje de participación por producto

En cuanto a la variación de los energéticos en el sector de alcantarillado y eliminación de desperdicios, los productos de la refinación del petróleo son los que van liderando las tendencias de crecimiento, con una participación en el servicio de un 5 % para 2014. Caso opuesto presenta la energía eléctrica, disminuyendo el porcentaje de participación de un 1,9% a un 1,3%. Esta situación se evidencia en la Figura 158, donde la participación de los productos derivados de la refinación del petróleo equivale a un 78% y la energía eléctrica a un 22%. En el año 2007 se presenta un pico en el precio internacional del crudo, ocasionando que el consumo disminuya un porcentaje cercano al



2%, estableciéndose al año siguiente e incrementando nuevamente su consumo. A partir de ese momento se da fin a la etapa de recesión mundial y se fortalece la demanda de bienes primarios.

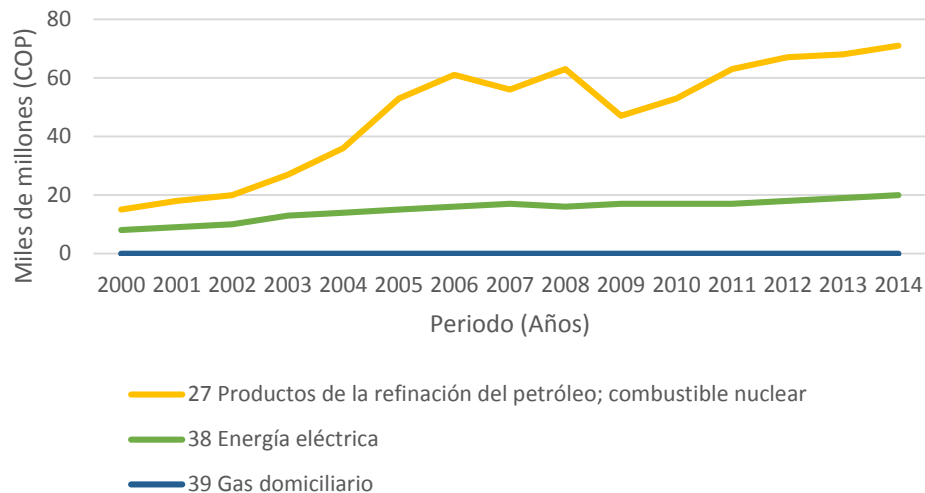


Figura 157 Consumo en miles de millones discriminado por energético

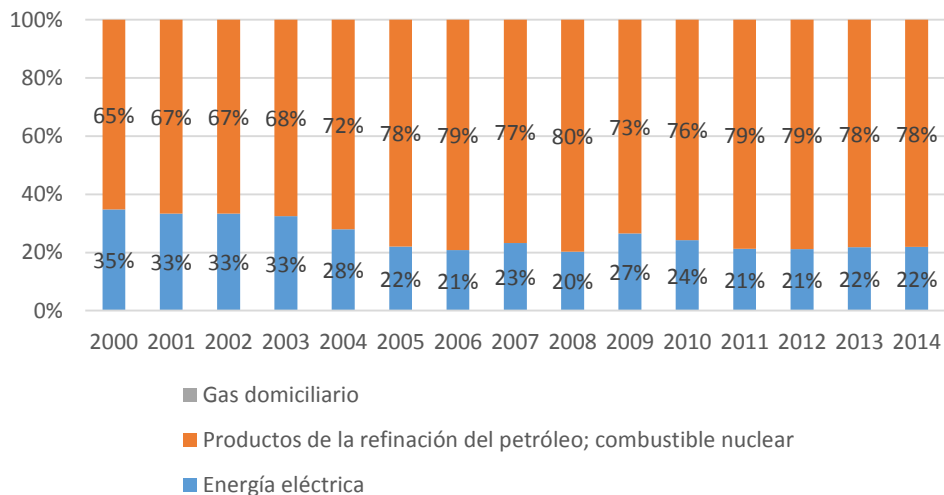


Figura 158 Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía

#### 7.4.2.8 Subsector Servicios de educación y cultura

La Figura 159 presenta la participación por producto asociada a los servicios de educación y cultura. Hay una tendencia predominante en el consumo intermedio de los servicios a las empresas excepto servicios financieros, debido a que incrementó su participación en 2014 respecto al año 2000, pasando de un 24 % a un 29 %.

Seguidamente, se encuentran los servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda, servicios de alojamiento y suministro de comidas y servicios de correos y telecomunicaciones, cada subsector contribuye con una participación entre el 6 % y el 10 %.

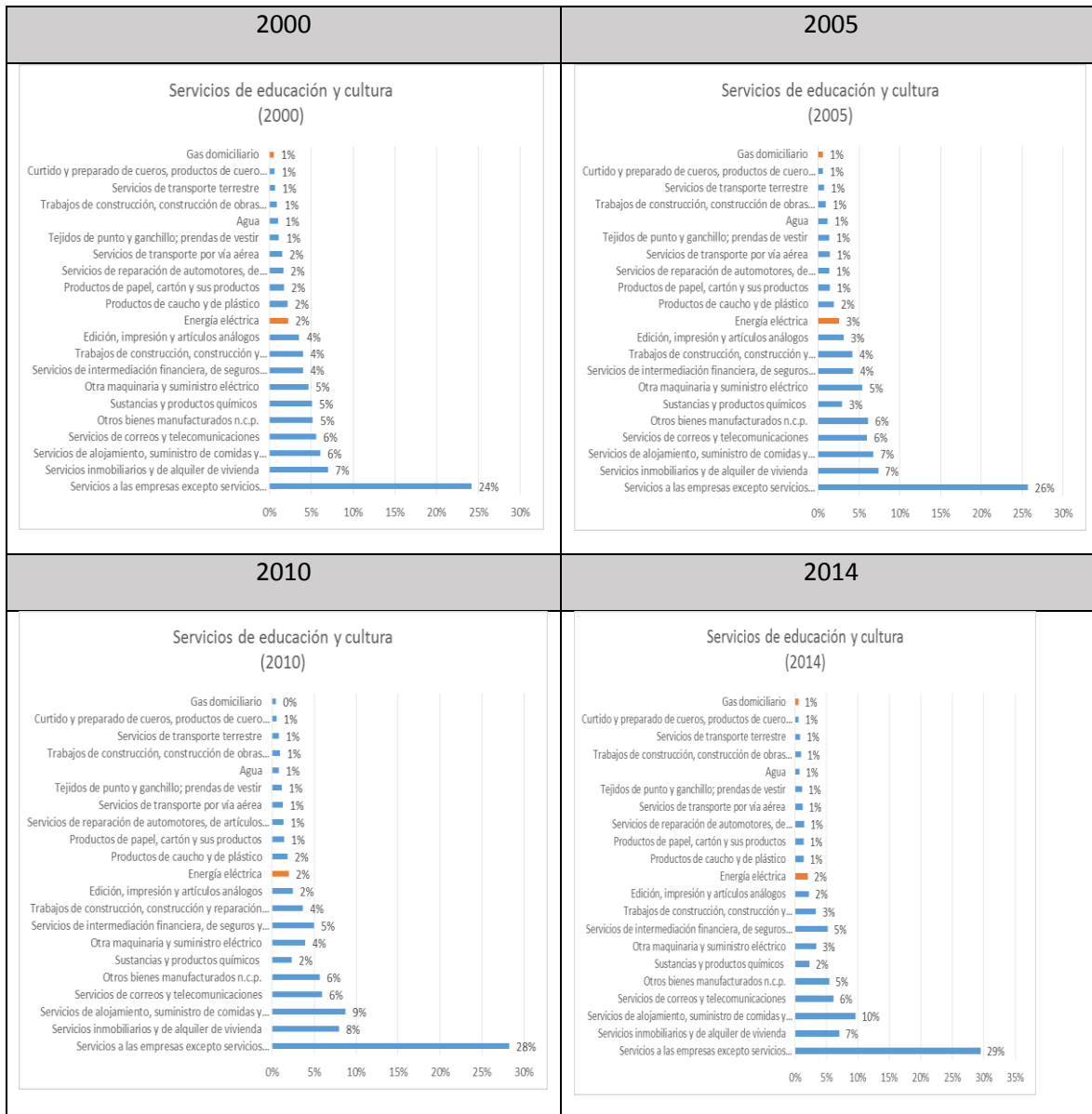


Figura 159 Porcentaje de participación por producto

En cuanto a los energéticos, se evidencia poca participación. La energía eléctrica es el sector que tiene una mayor componente, con un 2% asociado al porcentaje de participación en educación y cultura; contando con aproximadamente 470 miles de millones para el año 2014. Por su parte el gas domiciliario tiene una escasa participación, con el 1% que da cuentas de 140 miles de millones de pesos.

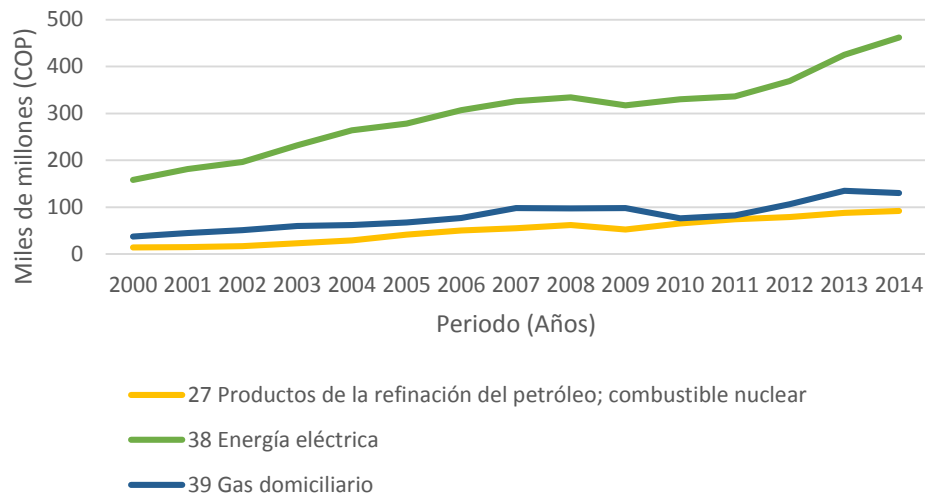


Figura 160 Consumo en miles de millones discriminado por energético  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

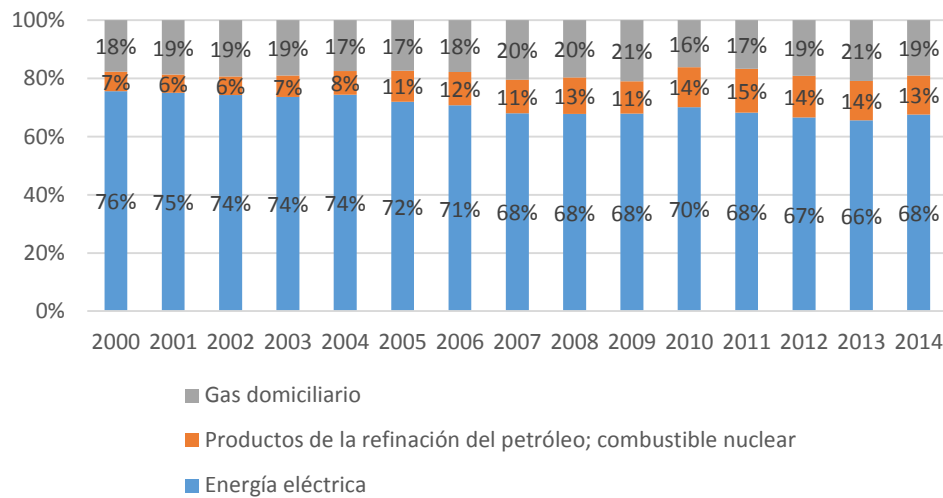


Figura 161 Servicios de educación y cultura: Variación porcentual de gasto por energético sobre total consumido en energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.4.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector terciario-servicios con el contexto internacional

La Tabla 39 presenta el consumo de energéticos para el sector servicios de países como Colombia, Alemania, Chile, Corea del Sur, México, Estados Unidos, Reino Unido, España, Suecia e Israel. Se puede evidenciar que en los países mostrados en la tabla el consumo de electricidad en el sector servicios es predominante. Se evidencia que Estados Unidos es el país que posee un mayor consumo de electricidad respecto a los demás países, consumiendo en el año 2014 un valor de 4861 PJ de electricidad, correspondiente a un 54,1 % del total de consumos energéticos, y en menor porción

se encuentra el consumo de gas natural, participando con un 37 % y en menor medida los productos derivados del petróleo, con 6 %. Luego se pueden encontrar países como Corea del Sur y Alemania, con consumos de electricidad por encima de los 500 PJ, sin embargo, para Corea del Sur este consumo de energía eléctrica representa el 63,7 % del consumo total de energéticos, mientras que para Alemania su participación es del 37,4 %, debido a que el gas natural y los productos derivados del petróleo también tienen porcentajes de participación representativos, con el 30,3 % y el 21,4 %, respectivamente.

Tabla 39. Consumo energético por países del sector servicios  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la AIE

Consumo Final IEA (Petajoules, 2014)	Colombia		Alemania		Chile		Corea		México		Estados Unidos		Reino Unido		España		Suecia		Israel	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Productos derivados del petróleo	10	0	295	0	15	0	79	0	67	0	540	0	33	0	50	0	15	0	6	0
Electricidad	45	1	514	0	41	1	536	1	83	1	4861	1	335	1	253	1	111	1	57	1
Gas Natural	16	0	417	0	7	0	161	0	11	0	3324	0	277	0	61	0	4	0		
Biocombustibles y residuos			89	0	3	0	49	0			84	0	3	0	4	0	2	0		
Carbón			2	0	0	0					36	0	1	0			0	0		
Térmica			56	0			13	0			49	0	16	0			53	0		
Geotérmica			3	0			3	0												
Solar/Mareomotriz/Viento									3	0	85	0			2	0				
Total	70,6		1376		66,7		841		164		8979		665		370		184,9		63	

Por Latinoamérica se encuentran países como Chile y México, que en la actualidad tienen dinámicas de desarrollo económico crecientes. El porcentaje de consumo de electricidad de México es del 50,6 %, seguido de productos derivados del petróleo con un 40,9 %; entre estos dos energéticos abarcan en su mayoría el consumo de energéticos del sector servicios, dejando rezagados a otros energéticos como el gas natural, los biocombustibles, el carbón, entre otros.

En relación al país chileno, la participación de electricidad en el sector servicios posee mayor proporción, con un 61,5 % del total del consumo de energético; seguidamente, se encuentra el consumo de productos derivados del petróleo, con un 23,1 % y en menor proporción están el gas natural y los biocombustibles, con un 10 % y un 5 %, respectivamente.

Colombia tiene un comportamiento similar a Estados Unidos, pero en una escala menor, debido a que el consumo del total de energéticos en Colombia es de 70,6 PJ y el de Estados Unidos es de 8.979 PJ. Sin embargo, al igual que Estados Unidos el energético predominante en el sector servicios es electricidad, teniendo un porcentaje de participación del 63,9 %; seguido del consumo de gas natural, contribuyendo con el 22,1 % y finalmente el consumo de productos derivados del petróleo corresponden al 14 % del total del consumo de energéticos. Entre electricidad, gas natural y productos derivados del petróleo se distribuyen la matriz energética para el sector servicios.

En cuanto a la participación del sector servicios en el consumo total de energético, se observa de la Figura 162, que países como Alemania, Estados Unidos, Suecia, Reino Unido, Corea del Sur, España e Israel, poseen una participación del sector servicios en el consumo total de energéticos superior al 10 %. Mientras que en los países latinoamericanos esta proporción es menor, teniendo a

Colombia con el 7 %, seguido de Chile con el 6% y México con el 3 %. Esta menor proporción es evidenciada porque en estos países sus actividades económicas principales son primarias, como por ejemplo la agricultura, minería, pesca, explotación forestal, ganadería, entre otras; mientras que en los países desarrollados el sector servicios representa una mayor participación dentro de la economía.

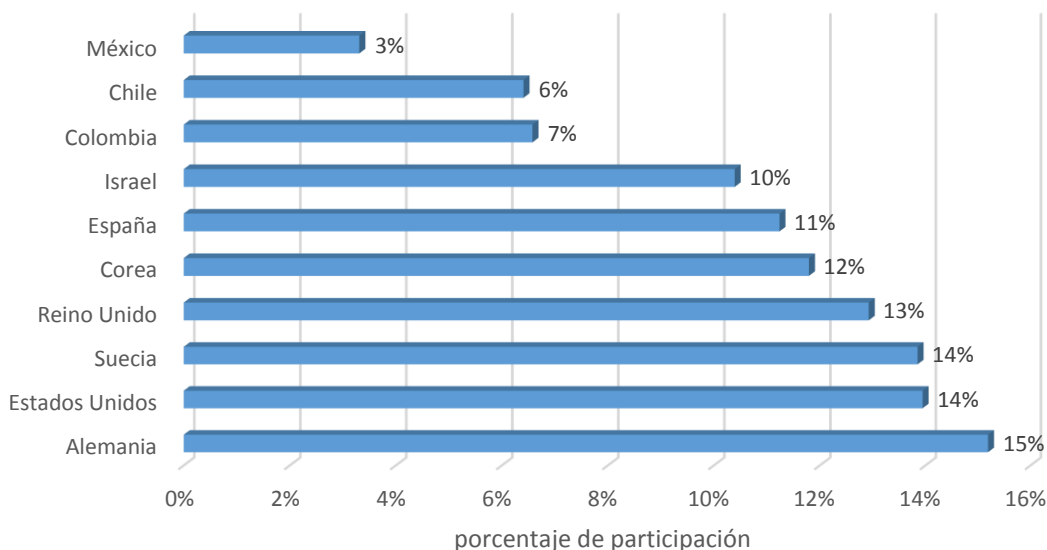


Figura 162. Porcentaje de participación del sector servicios en el consumo total de energéticos  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la AIE

#### 7.4.3.1 Principales sectores oferentes y demandantes del sector servicios

En la dinámica económica del sector servicios es importante conocer los sectores de mayor consumo intermedio de cada subsector y los sectores que mayor oferta realizan a cada subsector. Lo mencionado anteriormente se presenta en la Tabla 40, en donde se encuentran los subsectores de servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas, los servicios de correos y telecomunicaciones, servicios de intermediación financiera, administración pública y defensa, servicios sociales y de salud y servicios de educación, con sus respectivos sectores de consumo intermedio y oferta.

Tabla 40. Principales sectores oferentes y demandantes del sector servicios  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

Prome dio	Consumo intermedio	Subsector	Oferta a demás ramas	Prome dio
24%	I+D y otras actividades comerciales	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas	Comercio mayorista y minorista, reparación	11%
11%	Comercio mayorista y minorista, reparación		Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	10%
10%	Actividades inmobiliarias		Servicios de transporte y almacenamiento	9%
32%	Servicios de correos y telecomunicaciones	Servicios de correos y telecomunicaciones	Servicios de correos y telecomunicaciones	28%
15%	I+D y otras actividades comerciales		Comercio mayorista y minorista, reparación	12%
12%	Servicios Informáticos, electrónicos y equipos ópticos		Servicios de intermediación financiera	10%

Promedio	Consumo intermedio	Subsector	Oferta a demás ramas	Promedio
59%	Servicios de intermediación financiera	Servicios de intermediación financiera	Servicios de intermediación financiera	47%
16%	I+D y otras actividades comerciales		Servicios sociales y de salud	7%
16%	I+D y otras actividades comerciales	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	I+D y otras actividades comerciales	12%
10%	Coque, refinación de petróleo		Actividades inmobiliarias	11%
			Comercio mayorista y minorista, reparación	9%
18%	I+D y otras actividades comerciales	Servicios sociales y de salud	Servicios sociales y de salud	73%
13%	Servicios de intermediación financiera			
18%	Actividades inmobiliarias	Servicios de educación	Servicios de educación	20%
14%	I+D y otras actividades comerciales		Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	15%
			I+D y otras actividades comerciales	12%

Las actividades de investigación y desarrollo y otras actividades comerciales poseen un consumo intermedio inherente a todos los subsectores pertenecientes al sector servicios que se muestran en la tabla, sin embargo, en subsectores como servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas y servicios sociales y de salud tiene mayor participación, con el 24 % y el 18 %, respectivamente. Por el lado de la oferta, se presenta mayor relevancia de ofertar al mismo subsector, debido a que subsectores como el de salud, servicios de intermediación financiera y servicios de correo y telecomunicaciones, su mayor participación es a él mismo, con porcentajes del 73 %, 47 % y 28 %, respectivamente.

A continuación, se realiza una comparación de la participación del sector servicios en el producto interno bruto de diferentes países de referencia en el mundo, además de evidenciar la participación de las ventas de electricidad, gas y agua en el subsector. Igualmente, se presenta la oferta del sector servicios a los demás subsectores evidenciando la comparación entre países y sus relaciones, así mismo, se presenta el consumo intermedio de cada país asociado al sector servicios.

#### 7.4.3.2 Subsector Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas

Este sector comprende los servicios que suministran al cliente alojamiento temporal y/o preparación de comidas, refrigerios y bebidas para su consumo inmediato, a continuación, se realiza una comparación de la matriz insumo – producto entre Colombia y otros países de referencia internacional.

##### 7.4.3.2.1 Participación sector alojamiento, suministro de comidas y bebidas en el PIB

La Figura 163 presenta la participación del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas en el PIB de cada país. Se observa como Colombia tiene una participación del 4%, en el presente subsector, estando por encima de países como Estados Unidos y Reino Unido, los cuales tienen una contribución del 2,8% al PIB total del país. No obstante, el aporte de Colombia es de 22.881 millones de dólares, mientras que Estados Unidos posee una contribución de 722.899 millones de dólares y Reino Unido 126.630 millones de dólares. Esto da evidencia que el subsector de alojamiento, suministro de comidas y bebidas tiene gran importancia dentro de la contribución al PIB

colombiano; según el Dane para el primer trimestre de 2015 el subsector de alojamiento, suministro de comidas y bebidas tuvo un crecimiento de 5,9% respecto al año 2014, sin embargo, para el segundo trimestre de 2016 sólo tuvo un crecimiento de 1,7% respecto al 2015.

Por otra parte, países como Chile y México, tienen una participación menor del subsector dentro del PIB nacional, con tan solo el 1,8% y el 1,7%, respectivamente, aunque el 1,7% de México es correspondiente a 33.565 millones de dólares, valor superior al de Colombia.

Se observa como España, de los países mostrados en la Figura 163, es el que mayor participación del PIB posee, en relación al alojamiento, suministro de comidas y bebidas. Esta contribución es del 6,1%, correspondiente a 158.594 millones de dólares.

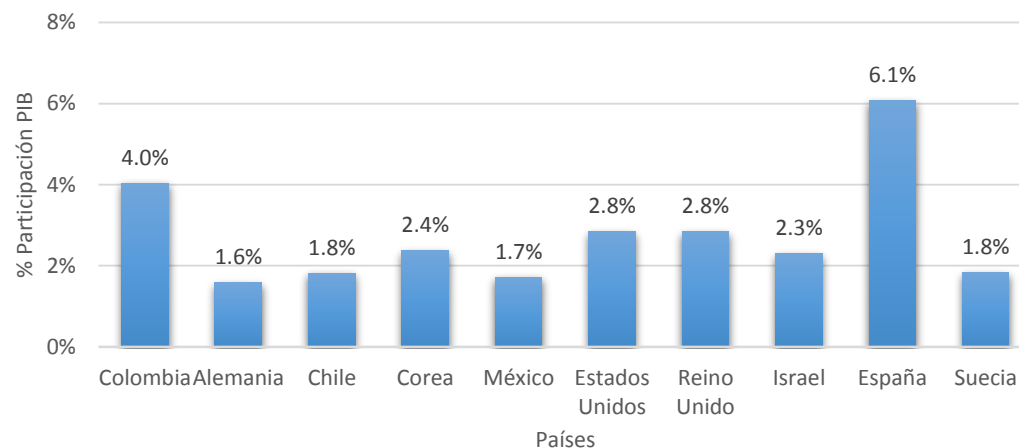


Figura 163. % Participación PIB: Alojamiento, suministro de comidas y bebidas  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.2.2 Participación del consumo de energéticos del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas

El consumo de energéticos en el subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas, se muestra en la Figura 164. Se puede observar que en México el principal energético demandado es la electricidad, gas y agua, con un 5,6 %, correspondiente a 1.299 millones de dólares, en cambio su consumo de productos derivados del petróleo, en el presente subsector, es del 0,4 %, priorizando la electricidad y el gas. Luego se puede encontrar a Israel, quien tiene un comportamiento similar a México, con una participación de electricidad, gas y agua del 3,6 % y de derivados del petróleo de 0,4 %; sin embargo, la contribución en millones de dólares de Israel está por debajo de la mayoría de países, con 116 millones de dólares para electricidad, gas y agua, y 16 millones de dólares para productos derivados del petróleo, como se evidencia en la Figura 165. Seguidamente, se encuentra Estados Unidos, quien presenta una contribución del 3,5 % en electricidad, agua y gas y para los productos derivados del petróleo un porcentaje del 1,3 %; al igual que los anteriores países, la tendencia es a consumir mayor cantidad de electricidad y gas; y contrariamente que los demás países mostrados en la figura, el valor de los productos derivados del petróleo es mayor que el de

la electricidad, gas y agua, con valores de 5.456 millones de dólares y 4.709 millones de dólares, respectivamente.

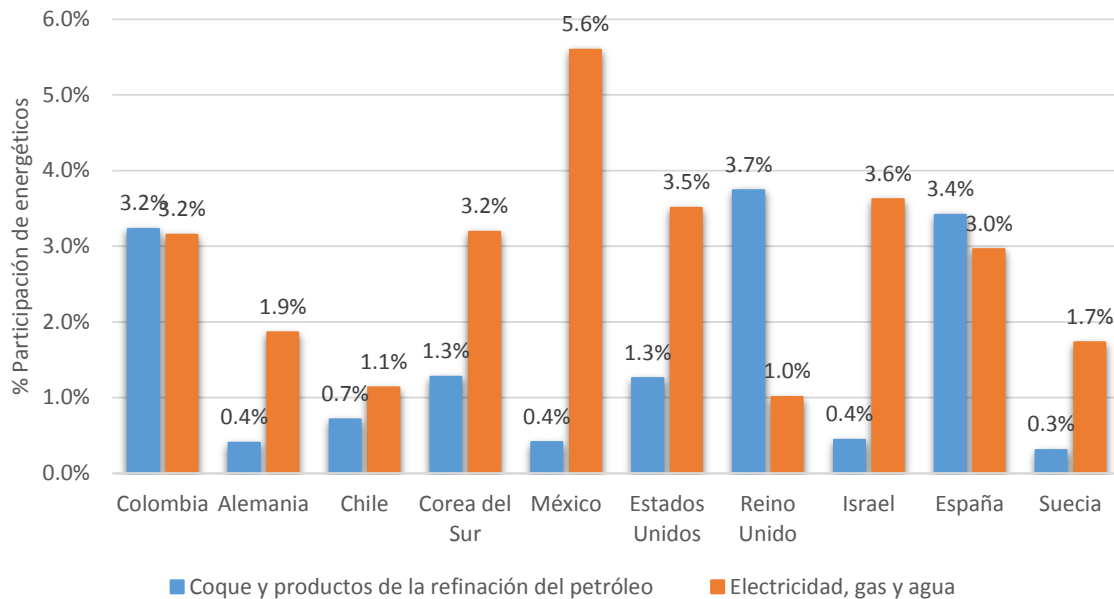


Figura 164. % Participación consumo de energéticos: alojamiento, suministro de comidas y bebidas  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

De los países mostrados en la Figura 164, siete (7) de ellos poseen mayor consumo en electricidad, gas y agua respecto al consumo de productos de la refinación del petróleo. Contrario a esto, se encuentra Reino Unido, quien posee mayor participación de productos derivados del petróleo, con un 3,7 %, dejando a la electricidad, gas y agua, con el 1%. No obstante, en millones de dólares estas contribuciones se acercan, debido a que los productos de la refinación del petróleo poseen un monto de 1.116 millones de dólares, mientras que el valor de la electricidad, gas y agua es de 1.080 millones de dólares, como se observa en la Figura 165; dando cuenta de un costo menor de los productos derivados del petróleo.

Colombia, por su parte, tiene un consumo de energéticos, electricidad, gas y agua y productos de la refinación del petróleo, en igual proporción, al contar cada uno con un porcentaje de participación del 3,2 %, pero el costo asociado a la electricidad, gas y agua, es mayor, correspondiente a un valor de 360 millones de dólares, mientras que el monto asociado a los productos de la refinación del petróleo es por 277 millones de dólares. Comportamiento semejante presenta España, al contar con porcentajes de consumo similares en cuanto a los dos energéticos analizados. Para electricidad, gas y agua se tiene un porcentaje del 3% y para productos derivados del petróleo se tiene una participación del 3,4 %; a pesar de tener porcentajes de participación similares, el costo de la electricidad, gas y agua, es un poco menos del doble respecto a los productos derivados del petróleo.



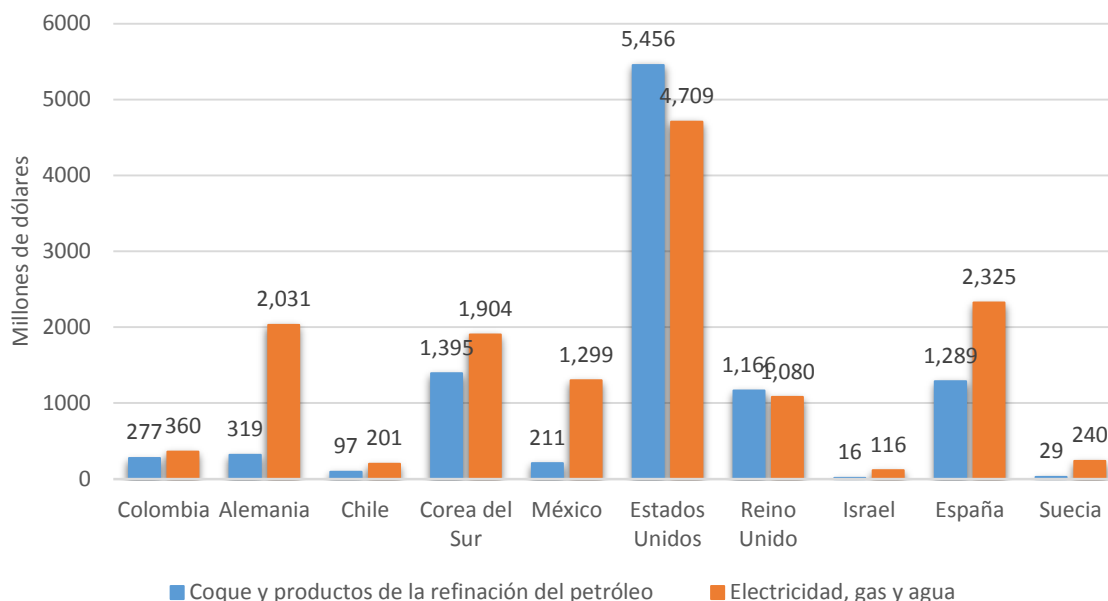


Figura 165. Consumo de energéticos en millones de dólares: alojamiento, suministro de comidas y bebidas  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.2.3 Demanda subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas

La demanda del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas a los demás subsectores se muestra en la Tabla 41. Se observa que la demanda sobre el subsector de productos alimenticios, bebidas y tabaco es predominante en la mayoría de países, exceptuando a Estados Unidos que se centra en actividades de investigación y desarrollo y a Suecia, que se concentra en actividades inmobiliarias.

Se puede ver que los países con mayor participación del consumo intermedio de productos alimenticios, bebidas y tabaco son Corea del Sur y Colombia, con un 49,4 % y 46,3 %, respectivamente. Sin embargo, el consumo intermedio en millones de dólares para Corea del Sur es de 22.277 y para Colombia el valor es de 5.509, aproximadamente cinco (5) veces menos que la participación de Corea del Sur. Seguidamente, se encuentran países como Chile, con un 39,3 %, España, 33,3 %, y Reino Unido, con un 30,3 %. El sector de comercio mayorista y minorista, también posee una participación en el consumo intermedio del subsector objeto de análisis. En comercio se observa que el Reino Unido es el que posee un mayor porcentaje, con un 22,5 %, seguido de España con un 16,3 %, de México con 15,7 % y Colombia, que tiene un porcentaje de 14,7 %.

Estados Unidos, en el subsector de alojamiento, suministro de comidas y bebidas, se ha enfocado en demandar servicios de investigación y desarrollo, ya que es allí donde posee su porcentaje de demanda mayor, con un 27,2 %. Al igual que Estados Unidos, México posee una mayor demanda del subsector de investigación y desarrollo, con un 23,3 %; los otros países en este subsector no presentan un consumo intermedio considerable. Por otra parte, la agricultura, caza, silvicultura y

pesca, es predominante de países como Colombia, Corea del Sur e Israel, los demás países poseen una participación menor.

Tabla 41. Consumo intermedio del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas a los demás subsectores

<b>Demanda: Alojamiento, suministro de comidas y bebidas</b>	<b>Alemania</b>	<b>Colombia</b>	<b>Chile</b>	<b>Corea del Sur</b>	<b>México</b>	<b>Estados Unidos</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>Israel</b>	<b>España</b>	<b>Suecia</b>
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	2,9%	13,6%	6,5%	12,0%	0,0%	0,5%	2,7%	17,4%	4,0%	6,4%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	29,0%	46,3%	39,3%	49,4%	20,5%	0,6%	30,3%	24,2%	33,3%	21,0%
Electricidad, gas y agua	3,9%	3,0%	4,3%	4,2%	14,5%	1,0%	1,8%	2,1%	4,1%	2,2%
Comercio mayorista y minorista, reparación	13,5%	14,7%	16,3%	11,4%	15,7%	10,1%	22,5%	12,9%	16,3%	14,3%
Transporte y almacenamiento	2,1%	2,0%	3,2%	2,0%	3,1%	10,4%	6,2%	3,8%	1,5%	3,8%
Intermediación financiera	4,4%	1,0%	4,2%	1,9%	3,5%	9,4%	4,6%	5,3%	3,5%	2,1%
Actividades inmobiliarias	14,0%	6,6%	8,3%	3,9%	2,3%	11,3%	1,1%	10,4%	7,9%	25,3%
I + D y otras actividades comerciales	6,0%	3,4%	6,3%	0,8%	23,3%	27,2%	10,7%	11,3%	4,8%	6,4%

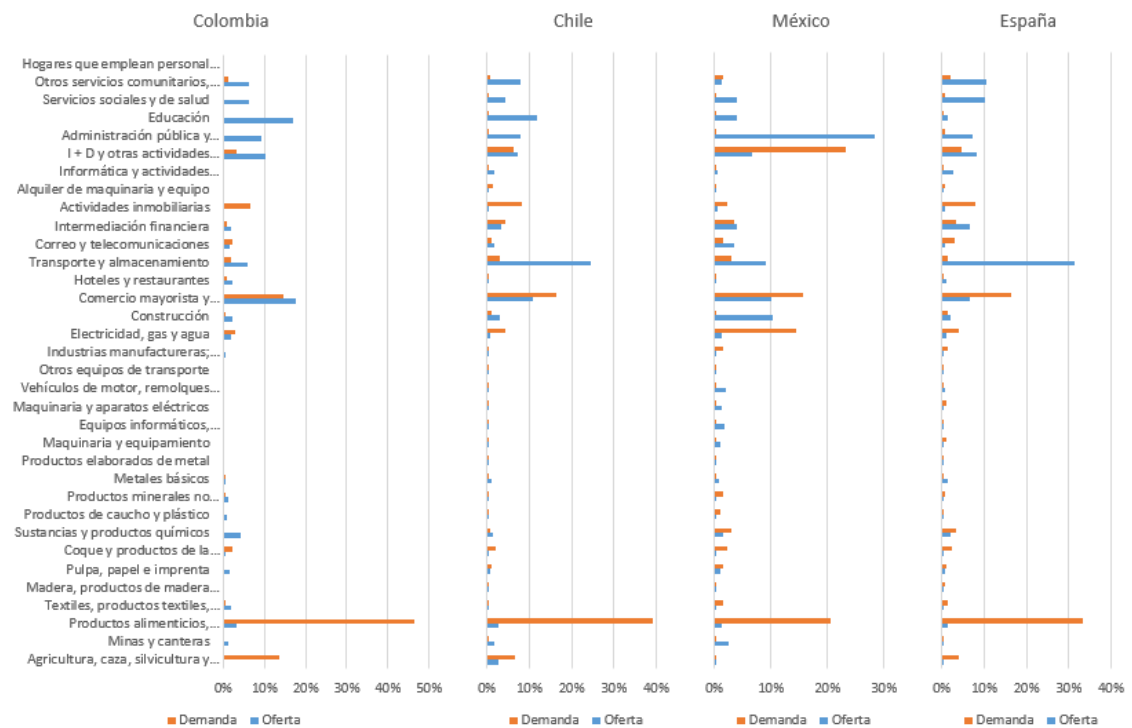
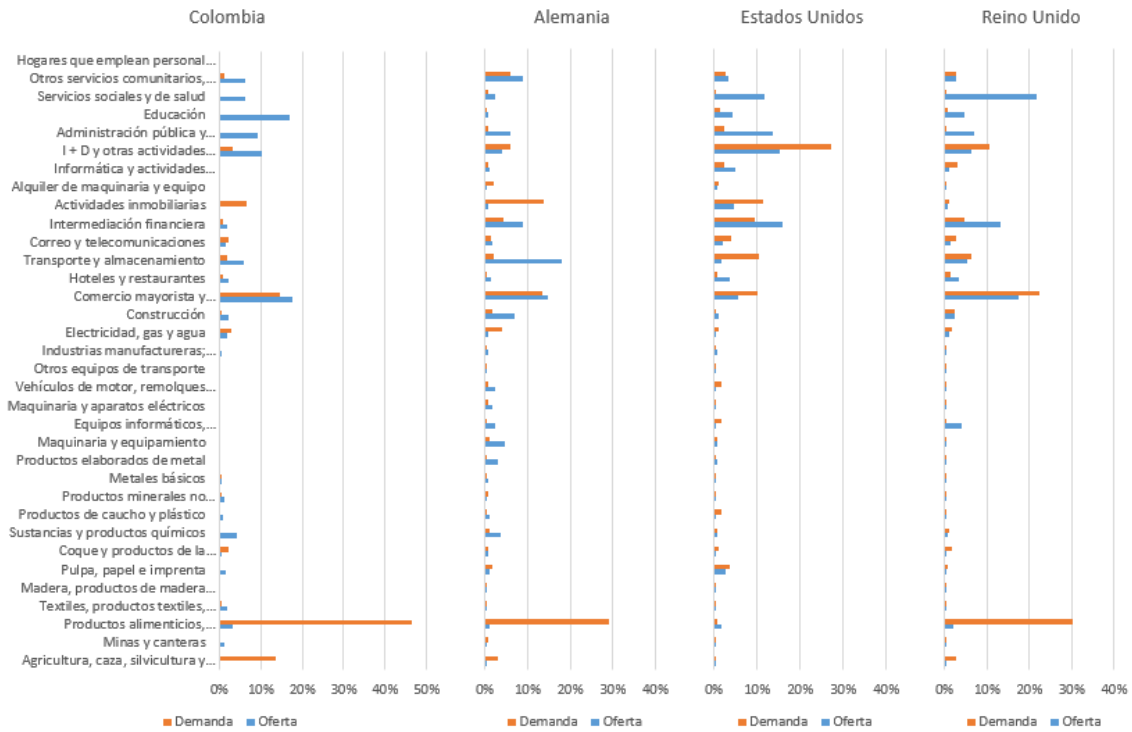
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.2.4 Estructura de la oferta y el consumo intermedio del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas a los demás subsectores

En relación a la estructura completa de la oferta y la demanda del subsector alojamiento, suministro de comidas y bebidas, la Figura 166 presenta la participación respectiva por cada uno de los países.

Se observa que Alemania y Colombia presentan una oferta a los demás subsectores de mayor complejidad, entendiéndose por complejidad como la diversificación de la oferta de muchos subsectores hacia el alojamiento, suministro de comidas y bebidas. Se evidencia que el subsector de interés es el de comercio mayorista y minorista, debido a que Colombia y Alemania coinciden en este, con porcentajes de participación del 14,7 % y 17,7 %, respectivamente. No obstante, Alemania se centra también en otros subsectores como el transporte y el almacenamiento, mientras que Colombia se centra además en la educación y el comercio.

Corea del Sur, quien ha sido un país de análisis similar a Colombia, en la oferta difiere en gran medida, debido a que Corea del Sur posee una participación de la oferta mayoritaria del subsector informática y actividades conexas, con el 50,3 %. En relación la demanda, la mayoría de países, a excepción de Estados Unidos, se centran en productos alimenticios, bebidas y tabaco, sin embargo, la composición del subsector de Estados Unidos es más complejo por tener participación en mayor cantidad de subsectores



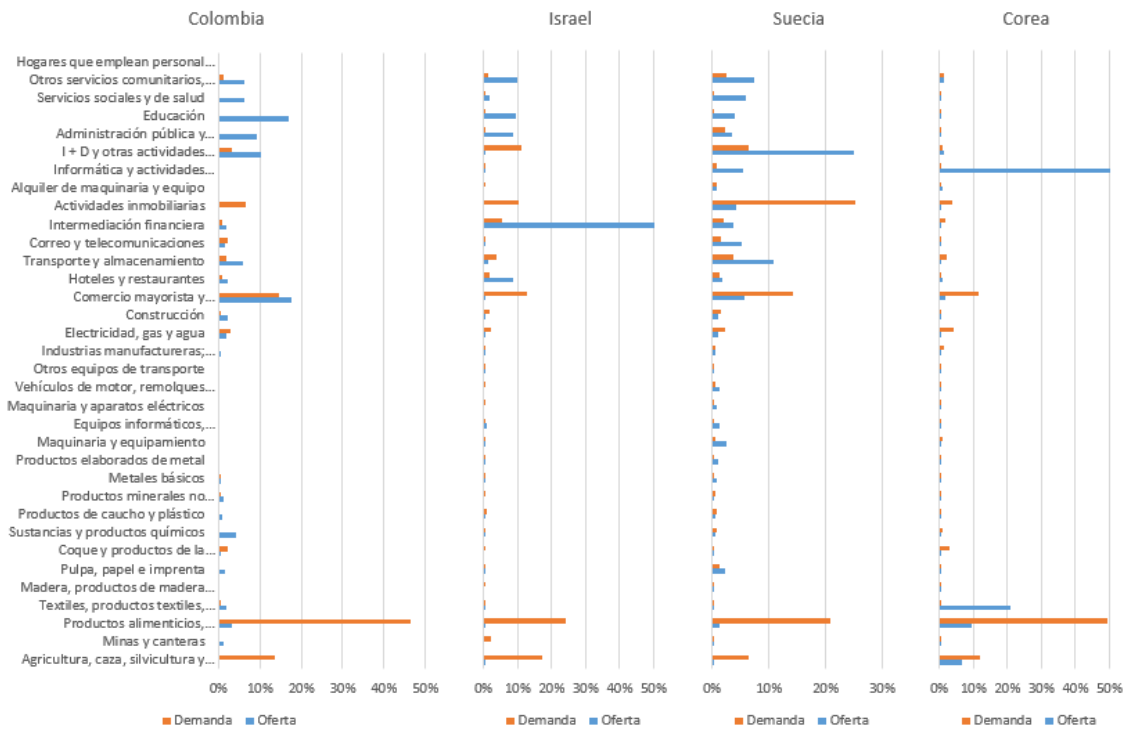


Figura 166 Comparación estructura oferta y demanda del subsector  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

### 7.4.3.3 Subsector Servicios de intermediación financiera

Este sector comprende actividades de servicio financiero, incluyendo actividades de seguros, reaseguros y de pensiones y actividades de apoyo a los servicios financieros. A continuación, se realiza una comparación de la matriz insumo – producto entre Colombia y otros países de referencia internacional.

#### 7.4.3.3.1 Participación subsector intermediación financiera en el PIB

En relación a la participación del subsector de intermediación financiera en el PIB, se observa que Estados Unidos tiene un liderazgo notorio, con el 8,8 % de participación, correspondiente a 2.241.041 millones de dólares. Seguidamente, se encuentra el Reino Unido, con el 7,5 % de participación, sin embargo, su valor es inferior, con 333.924 millones de dólares, (Figura 167)

Se destacan Estados Unidos y Reino Unido, debido a que en su economía los servicios de intermediación financiera tienen una participación mayor en el PIB a diferencia del subsector de hoteles y restaurantes.

En menor proporción, se encuentra Israel, Alemania, Chile, Corea del Sur y Colombia, con porcentajes de participación del 5,3 %, 5,0 %, 4,4 %, 4,3 % y 4,1 %, respectivamente. A pesar de estos porcentajes similares, el valor aportado al PIB difiere del país; Israel contribuye con 22.898 millones de dólares, para Alemania el valor aportado es de 338.286 millones de dólares, por su parte Chile, posee un monto de 20.312 millones de dólares, Corea del Sur participa con 126.654 millones

de dólares y finalmente Colombia con 23.117; en el presente subsector la similitud con Corea del Sur se mantiene, pero en una relación de valores en dólares de 1 a 5.

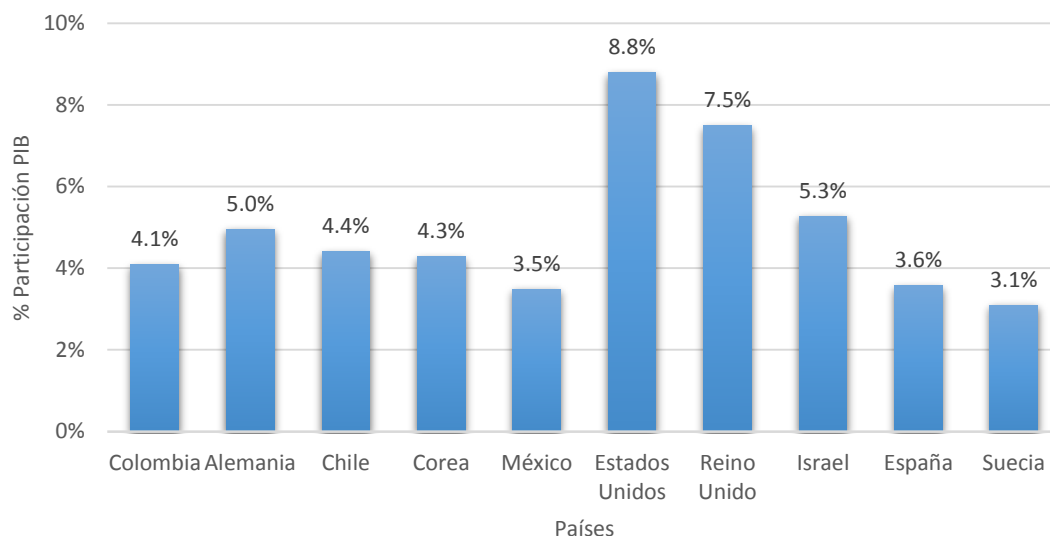


Figura 167. % Participación PIB: Servicios de intermediación financiera  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.3.2 Participación del consumo de energéticos en el subsector de intermediación financiera

La participación del consumo de energéticos al subsector de intermediación financiera se presenta en la Figura 168. Se puede ver como Colombia, posee mayor participación en el consumo de electricidad, gas y agua, con un porcentaje del 2,5 %, por valor de 289 millones de dólares, como se muestra en la Figura 169, con porcentaje cercano de participación de energéticos se encuentran los productos derivados del petróleo, con un 2,4 %, para un monto de 203 millones de dólares, evidenciando el mayor costo asociado a la electricidad, gas y agua. Seguidamente, se encuentra Reino Unido, Alemania y Corea del Sur, con porcentajes de participación en electricidad, gas y agua del 1,9 %, 1,8 % y 1,7 % respectivamente. Aunque, Reino Unido y Alemania poseen valores similares, con 2.034 millones de dólares y 1.966 millones de dólares, por su parte Corea del Sur aporta un monto de la demanda por valor de 993 millones de dólares. Por su parte, en el consumo de productos derivados del petróleo, Reino Unido presenta una mayor participación en este energético, con el 2,2 %, contrariamente a lo que sucede en los países de Alemania y Corea del Sur, en donde los productos derivados del petróleo tienen menores porcentajes de participación.

En menor proporción se encuentra México, Estados Unidos y Chile. Es destacable, que a pesar que Estados Unidos y Reino Unido poseen mayor participación en el PIB, su consumo en electricidad, gas y agua en porcentaje no es el más alto, diversificando este consumo en otros subsectores como él mismo o las actividades de investigación y desarrollo.

En el presente subsector, el consumo de electricidad, gas y agua es predominante en ocho (8) de los 10 países mostrados en la Figura 168; solo Colombia y Reino Unido poseen alta participación de los productos de la refinación del petróleo.

Como se muestra en la Figura 169, en cuanto al valor asociado al consumo de energéticos, el uso de electricidad, gas y agua representa mayores valores en la mayoría de países, a excepción de Estados Unidos, en donde el monto asociado a los productos derivados del petróleo es mayor que al valor de la electricidad, gas y agua, a pesar de que en el porcentaje de consumo la electricidad, gas y agua sea el doble del consumo de productos derivados del petróleo.

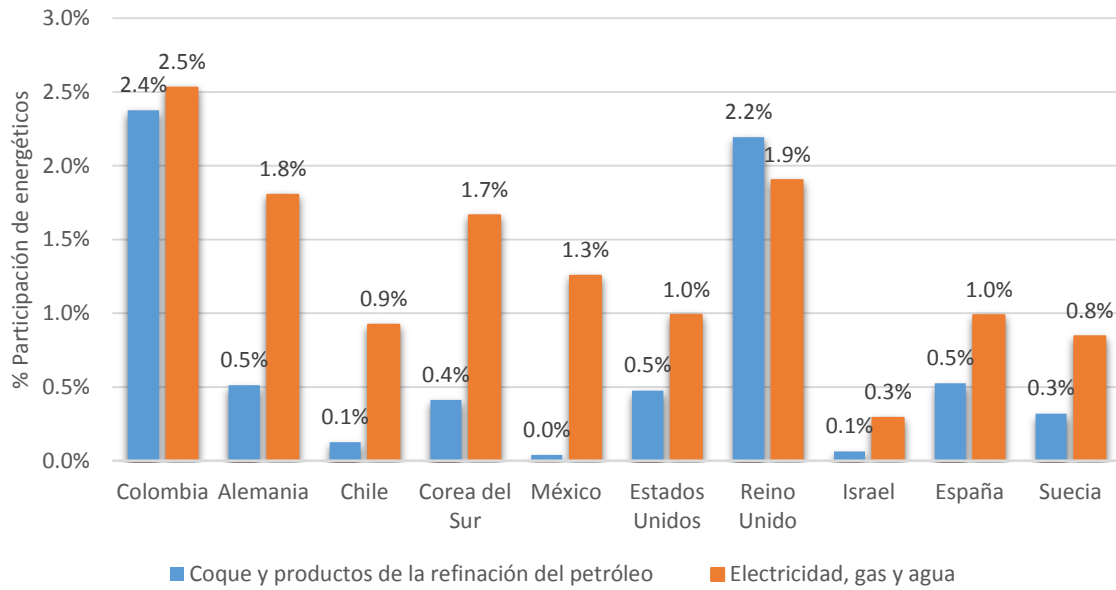


Figura 168. % Participación consumo de energéticos: Servicios de intermediación financiera  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

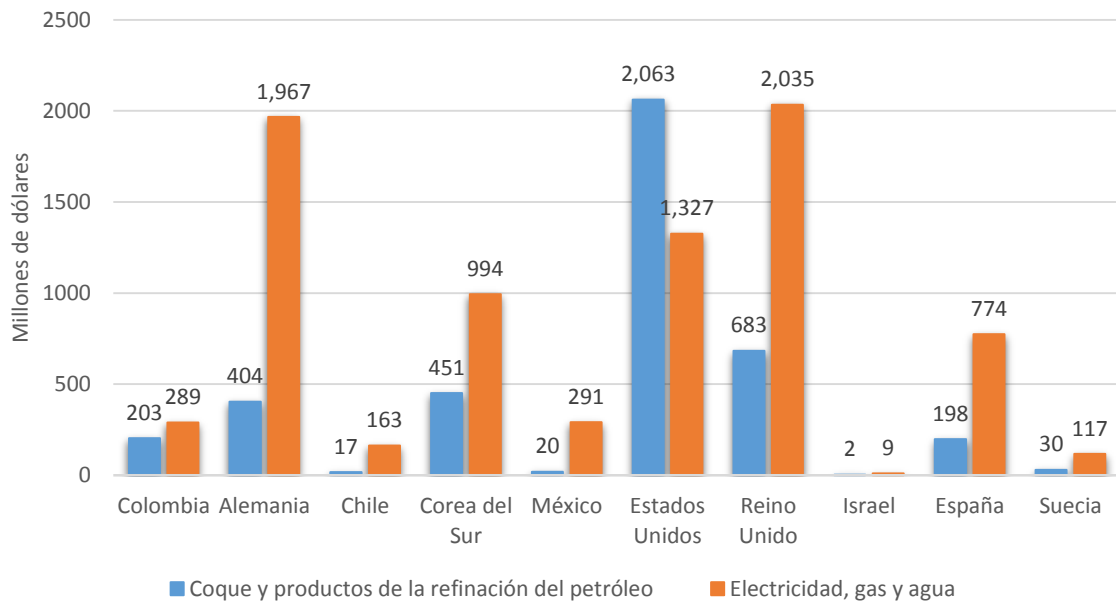


Figura 169. Consumo de energéticos en millones de dólares: Servicios de intermediación financiera  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.3.3 Demanda subsector intermediación financiera

La Tabla 42 da cuenta de la demanda del subsector de servicios de intermediación financiera a los demás subsectores. Se evidencia que la demanda se presenta en mayor medida a los servicios de intermediación financiera, dedicándose exclusivamente a tener participaciones con el mismo.

Se observa como Estados Unidos, Corea del Sur y Alemania, son los principales países en la demanda de servicios de intermediación financiera, al tener porcentajes mayores al 50 %. Por su parte, Chile, Colombia y México tienen participaciones del orden del 45 %, 37 % y 33,6 %. Sin embargo, México a pesar de tener una participación menor, posee un monto en millones de dólares mayor, con 7.344 millones de dólares, Chile aporta un valor de 3.229 millones de dólares y finalmente Colombia 2.747 millones de dólares.

En menor proporción se presentan actividades de investigación y desarrollo, evidenciando que la mayoría de países poseen participaciones superiores al 20 %; lo que demuestra que el subsector de intermediación financiera constantemente se están realizando nuevos desarrollos, principalmente en el sector de las tecnologías de las telecomunicaciones y la informática.

Tabla 42. Consumo intermedio del subsector servicios de intermediación financiera a los demás subsectores

Demanda: Servicios de intermediación financiera	Alemania	Colombia	Chile	Corea del Sur	México	Estados Unidos	Reino Unido	Israel	España	Suecia
Electricidad, gas y agua	1,0%	3,9%	2,3%	2,0%	1,3%	0,1%	1,4%	0,2%	2,2%	1,1%
Hoteles y restaurantes	0,8%	1,0%	0,6%	0,0%	1,0%	1,8%	2,2%	10,4%	3,5%	2,6%
Transporte y almacenamiento	0,7%	5,5%	1,4%	3,7%	3,3%	1,6%	6,4%	13,2%	2,4%	3,2%
Correo y telecomunicaciones	2,0%	4,9%	3,6%	5,6%	19,9%	2,5%	11,5%	1,4%	5,0%	5,0%
Intermediación financiera	51,5%	37,0%	45,0%	61,2%	33,6%	66,3%	23,9%	42,4%	44,8%	30,1%
Actividades inmobiliarias	7,9%	8,2%	2,9%	5,5%	3,8%	1,7%	3,5%	1,4%	11,0%	12,8%
Informática y actividades conexas	4,1%	3,6%	2,7%	3,8%	0,0%	3,5%	7,5%	2,2%	2,7%	4,1%
I + D y otras actividades comerciales	21,3%	24,7%	28,2%	9,5%	24,8%	13,5%	26,7%	21,4%	15,7%	22,5%

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.3.4 Estructura de la oferta y la demanda del subsector servicios de intermediación financiera a los demás subsectores

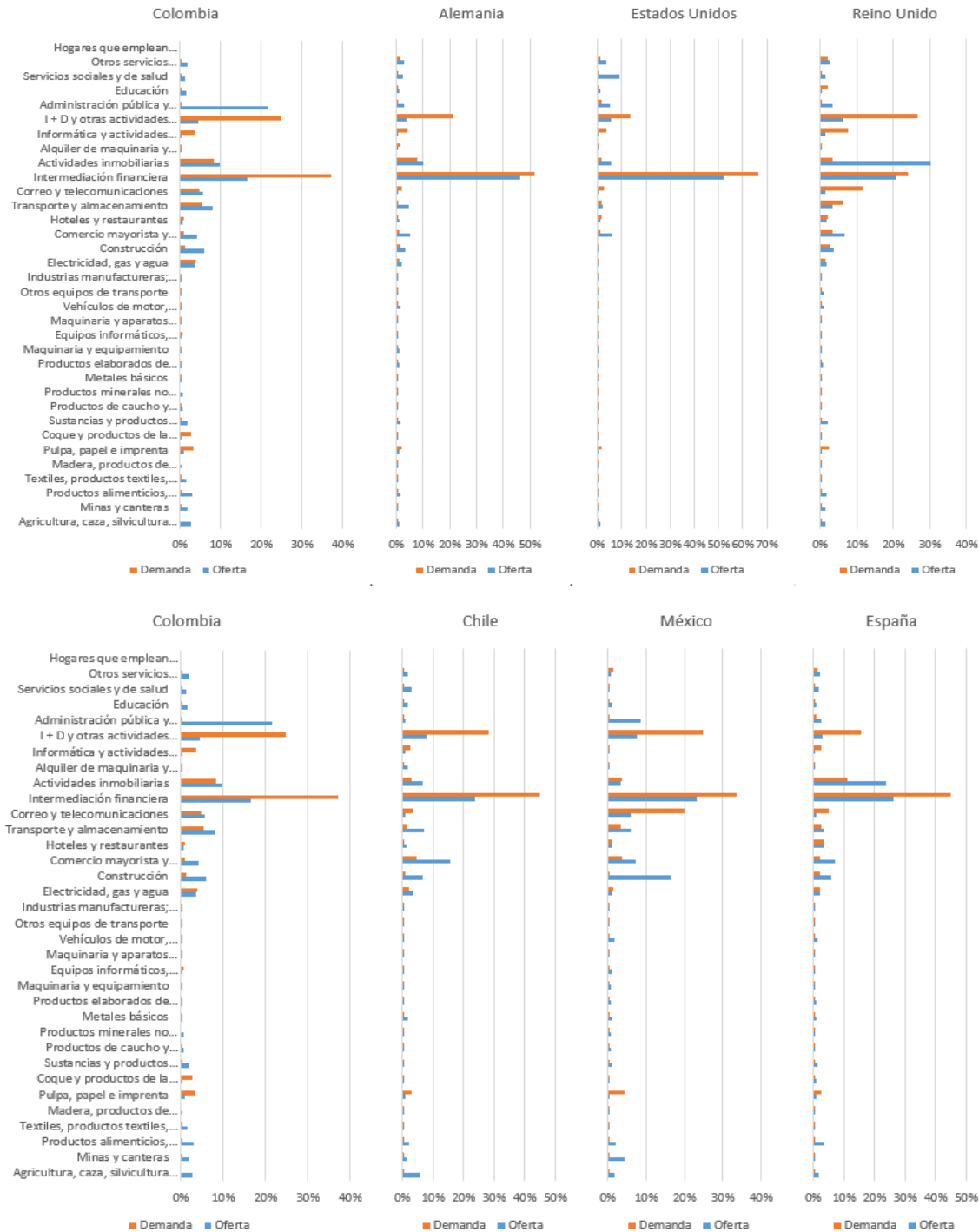
La Figura 170 presenta la estructura completa de la oferta y la demanda para el subsector de servicios de intermediación financiera hacia los demás subsectores.

Se puede observar, como la oferta de Colombia y México tiene mayor diversificación en los diferentes subsectores, abarcando subsectores como productos alimenticios, minas y canteras, agricultura, silvicultura y caza, que están contenidos en menor medida en los otros países.

De igual manera, se observa como los sectores predominantes para ofertar son el comercio a mayoristas y minoristas, intermediación financiera, actividades inmobiliarias, administración pública y defensa y construcción.

Para el caso de la demanda del subsector servicios de intermediación financiera, se tiene que los subsectores principales son los de intermediación financiera e investigación y desarrollo.

Se observa una similitud, en cuanto a oferta y demanda del subsector de servicios de intermediación financiera, entre Colombia, México y Suecia, quienes poseen una diversificación de ofertas y consumos intermedios parecidos, en número y proporción, abarcando subsectores como correo y telecomunicaciones, pulpa, papel e imprenta y transporte y almacenamiento, sumado a los mencionados anteriormente.





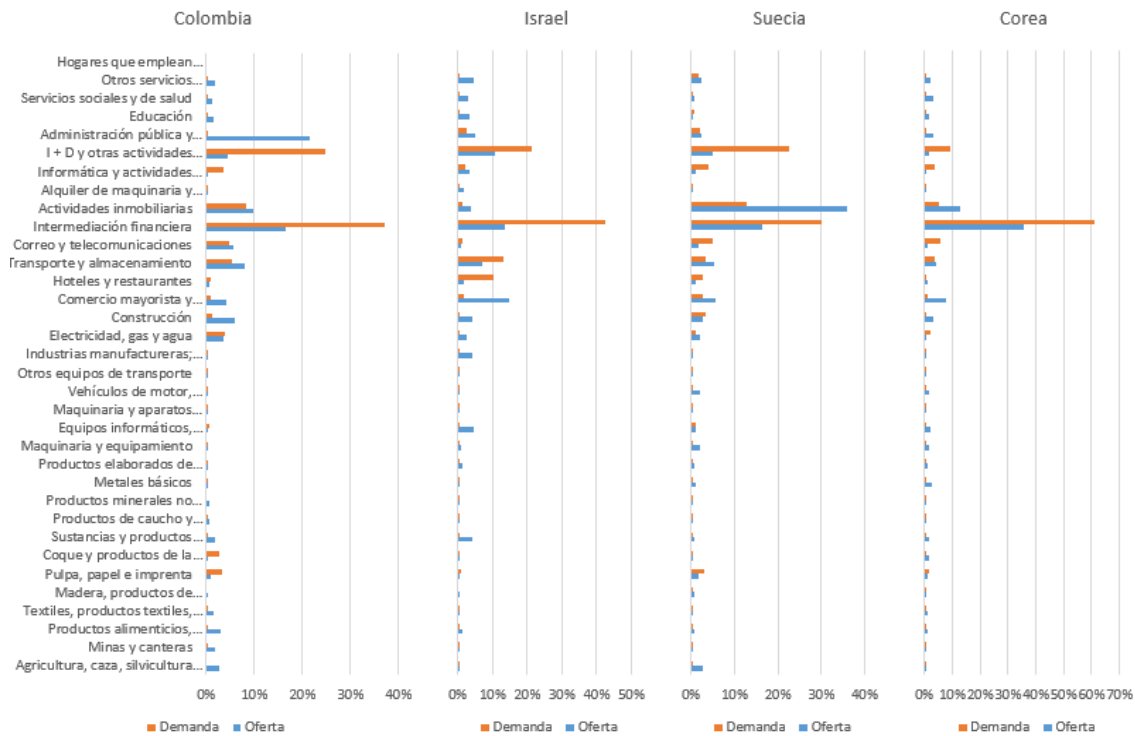


Figura 170 Comparación estructura oferta y demanda para el subsector  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.4 Subsector Servicios sociales y de salud

El subsector de servicios sociales y de salud comprende la prestación de servicios de salud a través de la evaluación clínica, diagnósticos y tratamiento de personas. En algunos casos, por razones médicas, se prestan servicios de hospitalización de pacientes, así como asistencia social y orientación psicológica. A continuación, se realiza una comparación de la matriz insumo – producto entre Colombia y otros países de referencia internacional.

##### 7.4.3.4.1 Participación subsector servicios sociales y de salud en el PIB

La Figura 171 presenta la participación en el PIB nacional del subsector de servicios sociales y de salud. Se puede observar como países como Reino Unido, Suecia, Estados Unidos e Israel, tienen un porcentaje mayor en la participación del PIB, a comparación de los países latinoamericanos, Alemania, Corea del Sur y España.

El Reino Unido presenta una mayor participación dentro del PIB, con un 7,5 % por valor de 333.777 millones de dólares; luego viene Suecia con una contribución del 7,3 %, correspondiente a 73.004 millones de dólares, seguidamente está Estados Unidos con una proporción del 6,9 % del PIB, correspondiente a 1.770.098 millones de dólares. En la figura se presenta a Reino Unido con mayor porcentaje de participación, aunque es Estados Unidos quien tiene mayor aporte al PIB en millones de dólares.

De otro lado, Colombia, Chile y Corea del Sur poseen porcentajes cercanos de participación al 3 % en el PIB nacional, estando Colombia por encima con un 3,2 %, correspondiente a un valor de 17.997 millones de dólares, seguido de Chile, con un 3 % por valor de 13.956 millones de dólares. Por otra parte, Corea del Sur tiene una contribución al PIB del 2,8 % pero su aporte al PIB es de 82.038 millones de dólares, superior a los dos países mencionados anteriormente. México se encuentra en último lugar, con un 2,3 % de participación en el PIB, sin embargo, su aporte en dinero es superior a Colombia y Chile, con 44.539 millones de dólares.

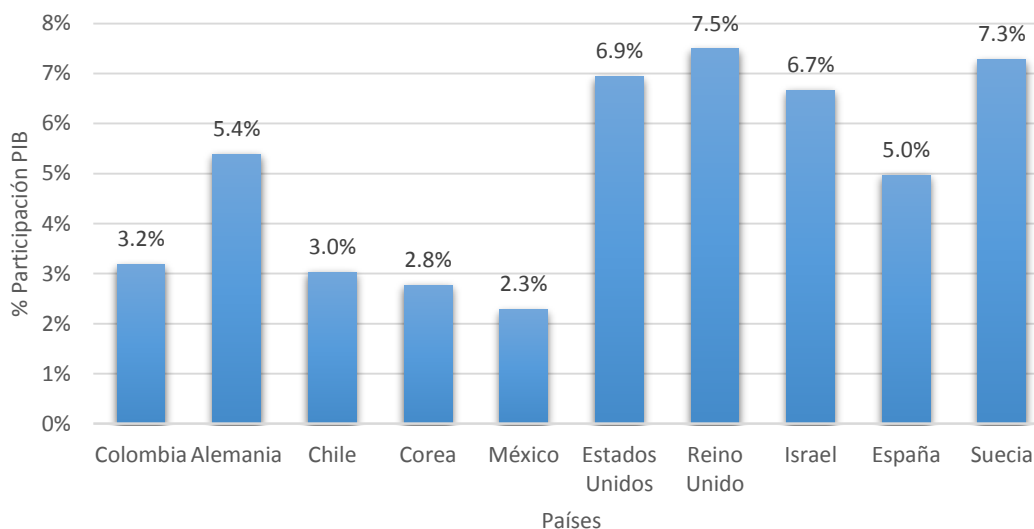


Figura 171. % Participación PIB: Servicios sociales y de salud  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.4.2 Participación del consumo de energéticos del subsector servicios sociales y de salud

La participación del consumo de energéticos del subsector de servicios sociales y de salud se presenta en la Figura 172; evidenciando que para el presente subsector Suecia es quien presenta mayor consumo de electricidad, gas y agua con un 4,8 %, correspondiente a un monto de 671 millones de dólares, como se muestra en la Figura 173. Estados Unidos y México poseen porcentajes de participación en el consumo de electricidad, gas y agua similares, con un 4,2 % y 4,1 %, respectivamente. Aunque el aporte en dinero por parte de Estados Unidos es de 5.594 millones de dólares, mientras que México contribuye con un monto de 949 millones de dólares, cinco veces menos que lo presentado por Estados Unidos.

Posteriormente, están países como Alemania y Corea del Sur, con porcentajes de participación cercanos al 3% en el consumo de electricidad, gas y agua, asociado a unos valores de 3.587 millones de dólares para el caso de Alemania, mientras que Corea del Sur contribuye con ventas por valor de 1.874 millones de dólares. En menor medida están países como Colombia (2,3 %) y Chile (2,2 %), sus valores de ventas son menores a los presentados en los otros países, Colombia tiene consumos por valor de 267 millones de dólares y Chile por valor de 384 millones de dólares. En el presente subsector, predomina el consumo de electricidad y gas, por encima de los productos derivados del petróleo. Reino Unido, al igual que en los subsectores de intermediación financiera y alojamiento, suministro de comidas y bebidas, posee un importante consumo de productos derivados del

petróleo, con un 2,6 %; sin embargo, este consumo representa un valor inferior al consumo de electricidad, gas y agua, con un valor de 801 millones de dólares. Estados Unidos también posee un consumo importante de productos derivados del petróleo, y a diferencia de los demás países mostrados en la Figura 173, el costo asociado a este energético es mayor que al de la electricidad, gas y agua.

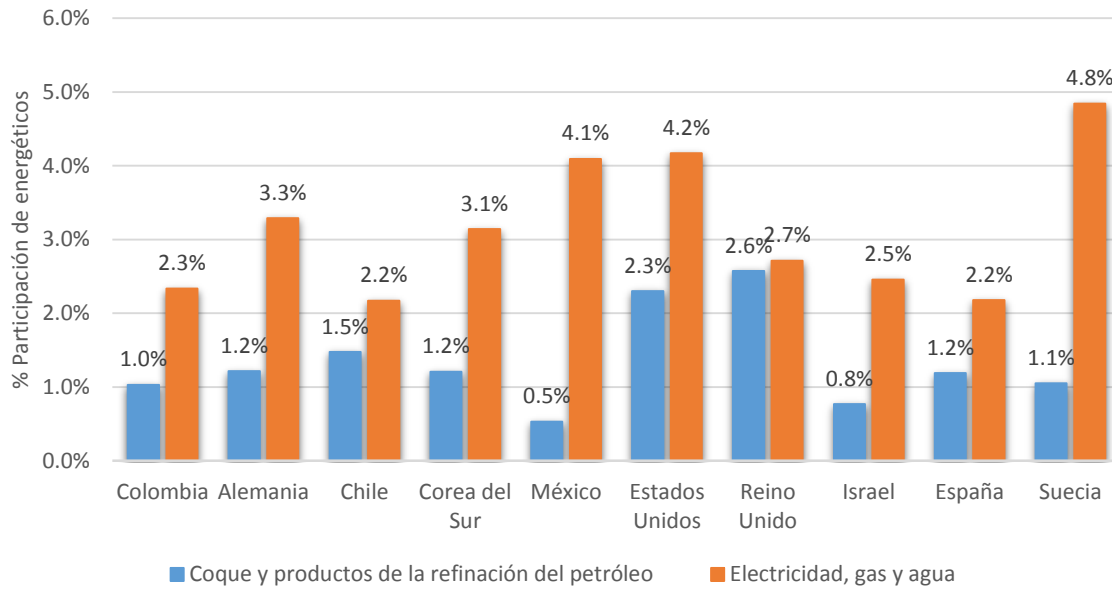


Figura 172. % Participación consumo de energéticos: servicios sociales y de salud  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

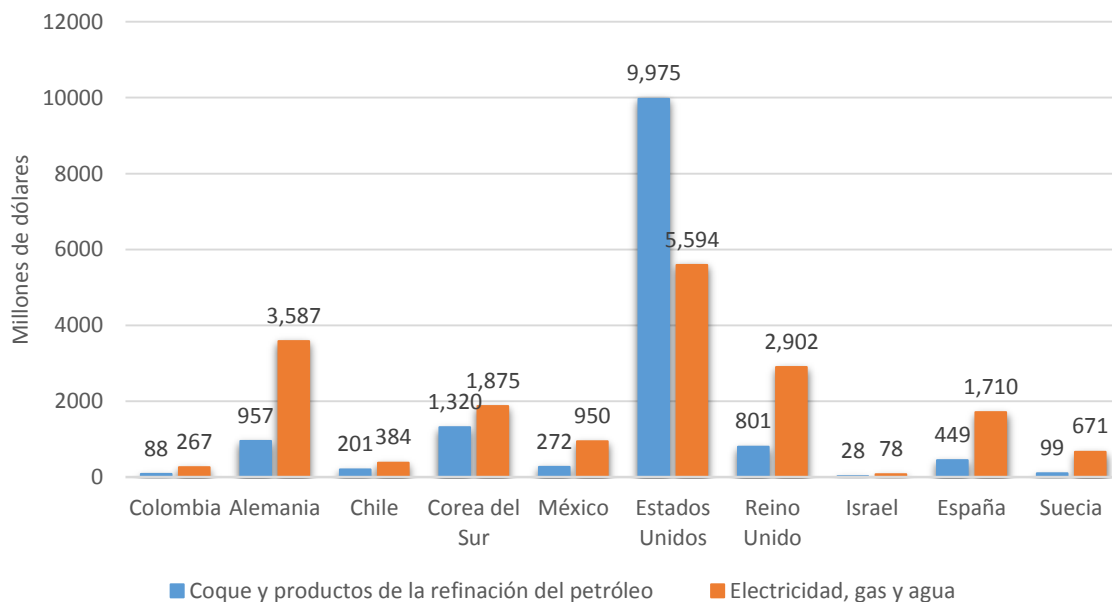


Figura 173. Consumo de energéticos en millones de dólares: servicios sociales y de salud  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.4.3 Demanda subsector servicios sociales y de salud

La demanda del subsector de servicios sociales y de salud presenta una tendencia a consumir a él mismo en países como Alemania, Colombia, Chile, Reino Unido e Israel. Por su parte Corea del Sur, Estados Unidos y México distribuyen la demanda en diferentes subsectores (Tabla 43)

Israel y Colombia son los países que presentan un mayor porcentaje de demanda al subsector de servicios sociales y de salud, con un 63,3 % y un 53,4 %, respectivamente y por valores de 5.748 millones de dólares para Colombia y 8.781 millones de dólares para Israel. Similar comportamiento presenta Reino Unido, al estar con un consumo intermedio de 37,3 % del subsector de servicios sociales y de salud; sin embargo, su valor de consumo intermedio en dinero es de 56.626 millones de dólares, significativamente superior al monto aportado por Colombia e Israel.

Chile y Alemania poseen una participación mayoritaria en el consumo intermedio del subsector de servicios sociales y de salud, aunque presenta también contribuciones en los otros sectores de la economía. Alemania tiene un consumo intermedio de 12,6 % al subsector de servicios sociales y de salud, similar a las actividades de investigación y desarrollo, con el 11,8 %, y a las sustancias y productos químicos con el 11,6 %; mientras que Chile, se distribuye entre servicios sociales y de salud, sustancias y productos químicos, investigación y desarrollo y comercio mayorista y minorista.

Los subsectores de investigación y desarrollo y las sustancias y productos químicos, presentan una relevancia significativa en el consumo intermedio del subsector de servicios sociales y de salud; teniendo como su mayor representante al país coreano, con un 38% para el subsector de las sustancias y productos químicos, seguido de Colombia y Chile, con porcentajes de 15,7 % y 15,6 %. Finalmente, las actividades de investigación y desarrollo, son predominantes en México y Estados Unidos.

Tabla 43. Demanda del subsector servicios sociales y de salud a los demás subsectores

Demanda: Servicios sociales y de salud	Alemania	Colombia	Chile	Corea del Sur	México	Estados Unidos	Reino Unido	Israel	España	Suecia
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	7,3%	0,0%	2,6%	0,3%	1,4%	1,9%	1,4%	0,4%	2,4%	2,7%
Sustancias y productos químicos	11,6%	15,7%	15,6%	38,0%	13,8%	6,2%	10,3%	10,5%	18,1%	5,1%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	0,8%	2,8%	0,9%	6,6%	0,9%	1,0%	4,3%	2,2%	1,4%	1,4%
Electricidad, gas y agua	3,7%	2,5%	7,7%	5,5%	8,3%	0,8%	1,9%	0,6%	4,0%	3,6%
Comercio mayorista y minorista, reparación	10,1%	4,5%	9,7%	7,2%	19,7%	7,0%	10,5%	4,3%	13,0%	8,6%
Intermediación financiera	4,9%	1,8%	8,5%	8,6%	1,4%	17,9%	1,6%	3,6%	2,2%	0,9%
Actividades inmobiliarias	7,3%	0,4%	2,9%	6,8%	3,2%	12,5%	1,6%	2,1%	1,7%	24,0%
I + D y otras actividades comerciales	11,8%	7,9%	10,7%	2,7%	21,8%	21,4%	10,9%	5,0%	10,1%	12,2%
Servicios sociales y de salud	12,6%	53,4%	20,4%	3,5%	0,0%	2,4%	37,3%	63,3%	15,1%	7,9%

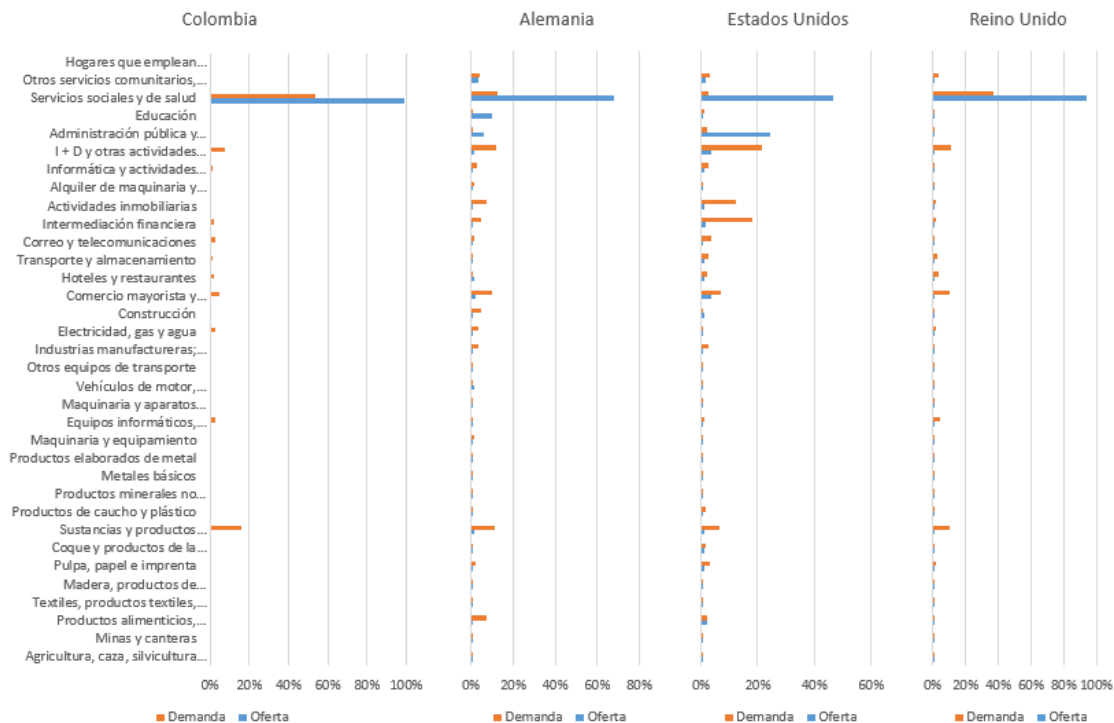
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.4.4 Estructura de la oferta y la demanda del subsector servicios sociales y de salud a los demás subsectores

La Figura 174 que se muestra a continuación, presenta la estructura completa de la oferta y la demanda del subsector de servicios sociales y de salud a los demás subsectores.

En primer lugar, la oferta de Colombia, Alemania, Chile, Estados Unidos y Reino Unido, se encuentra enfocada en el mismo subsector (servicios sociales y de salud), dejando de lado la oferta hacia otros sectores económicos. Los países de México y Corea del Sur, presentan una oferta de servicios de mayor complejidad, debido a que su oferta está distribuida en la mayoría de otros subsectores, participando activamente en el sector productivo. Sin embargo, por parte de Corea del Sur se presenta una mayor participación en el subsector de servicios sociales y de salud, pero México se basa en productos alimenticios y vehículos de motor. En cuanto a la estructura completa de la demanda del subsector de servicios sociales y de salud, se puede ver que Colombia, Reino Unido e Israel presentan comportamientos semejantes, enfocándose en primera instancia en el consumo intermedio del mismo subsector, y distribuyéndose en menor medida en actividades de investigación y desarrollo y sustancias y productos químicos.

Otros países semejantes, son Alemania y Chile, quienes tienen una participación mayor en los servicios sociales y de salud, pero se distribuyen también en actividades de investigación y desarrollo, sustancias y productos químicos y en el comercio mayorista y minorista.



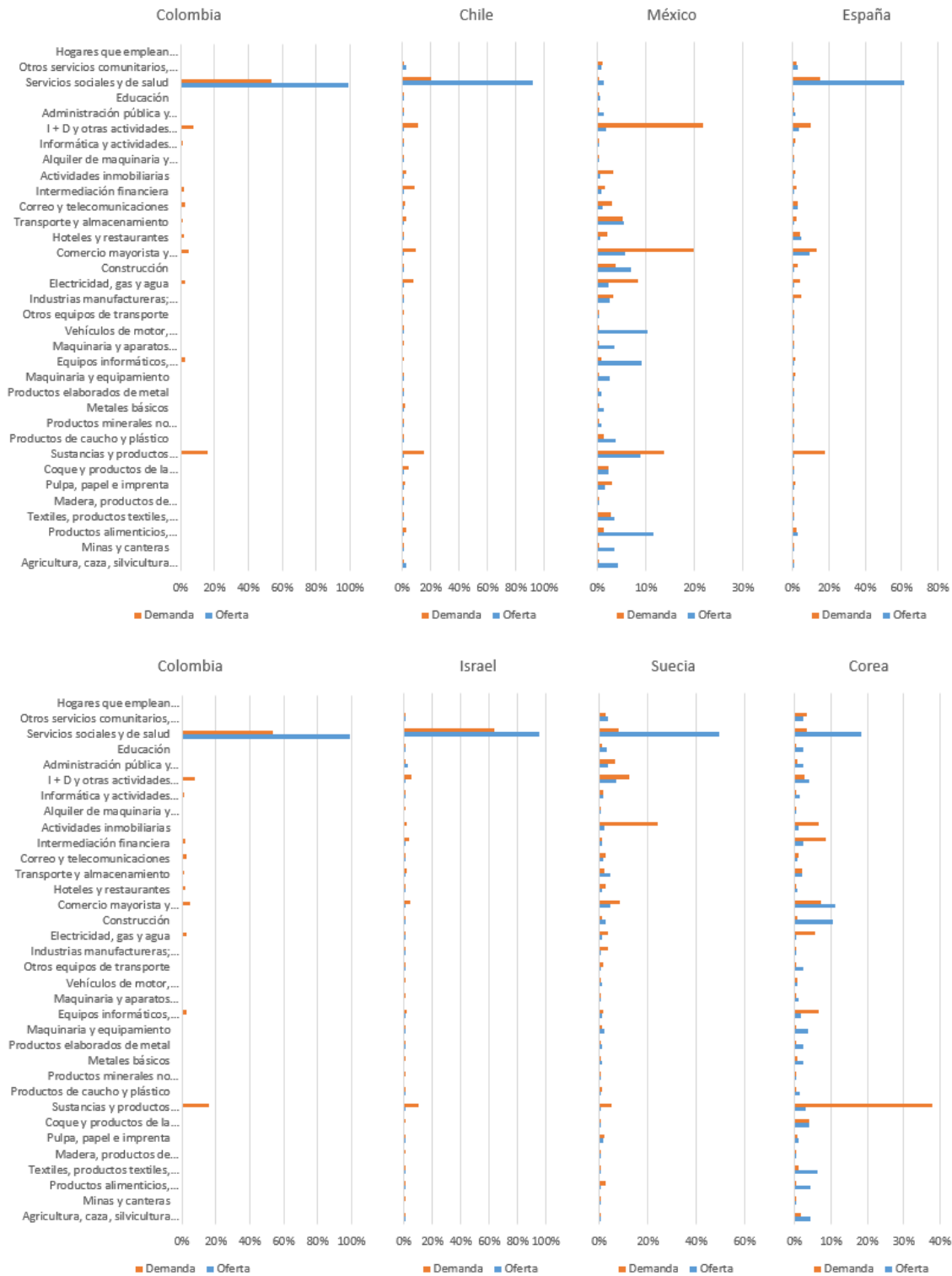


Figura 174. Comparación de la estructura de la oferta y demanda del subsector servicios sociales y de salud  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.5 Subsector Educación

El subsector de Educación comprende la enseñanza pública y privada de cualquier nivel y para las diferentes profesiones, además de las diferentes instituciones de educación formal, principalmente colegios y universidades. A continuación, se realiza una comparación de la matriz insumo – producto entre Colombia y otros países de referencia internacional.

##### 7.4.3.5.1 Participación subsector educación en el PIB

La Figura 175 muestra la participación en el PIB del subsector de educación. La participación en el PIB de países con niveles productivos mayores como Israel, Reino Unido y Estados Unidos, es mayor en comparación con países como Suecia, Corea del Sur y los latinoamericanos. Israel contribuye al PIB con el 4,6 %, por un monto de 20.140 millones de dólares. Reino Unido presenta una participación en el PIB del 4,4 %, correspondiente a un valor de 194.448 millones de dólares. Por otra parte, se encuentra Estados Unidos, quien tiene un porcentaje de aporte al PIB del 4,1 %, por valor de 1.043.987 millones de dólares; aunque es Reino Unido quien presenta un porcentaje de participación mayor, Estados Unidos es el que hace un mayor aporte en dinero.

Colombia presenta un comportamiento en la participación del PIB similar al de Chile y México, con valores cercanos al 3 %, siendo el de Colombia superior con 3,4 %, como se puede ver en la Figura 175 Sin embargo, observando los montos en dinero de participación en el PIB, México tiene una participación mayor con 60.925 millones de dólares, seguido de Colombia con 19.047 millones de dólares y luego está Chile con 14.178 millones de dólares.

En menor medida, están España, Alemania y Corea del Sur, que realizan aportes al PIB del orden del 3,0 %, 2,8 % y 2,7 %, respectivamente. A pesar que Alemania se encuentra en los últimos lugares en porcentaje, su valor en dinero de participación en el PIB es de orden similar al aporte de Reino Unido, quien se encuentra en primer lugar; el valor de participación de Alemania es de 192.300 millones de dólares.

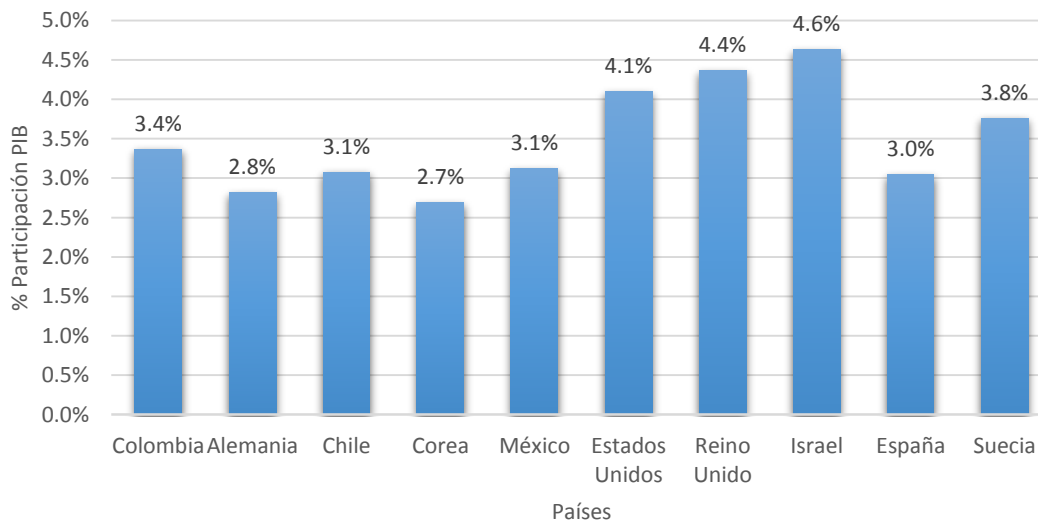


Figura 175. % Participación PIB: Educación  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.5.2 Participación del consumo de energéticos del subsector educación

En la participación del consumo de energéticos del subsector de educación, Estados Unidos presenta un porcentaje de participación superior en electricidad, gas y agua, respecto al resto de países, con el 12,3 % del total de consumo de energéticos del presente subsector asociado, equivalente a 16.528 millones de dólares, esta situación se evidencia en la Figura 176 y en la Figura 177.

Luego de Estados Unidos, se encuentran México, Israel y Corea del Sur, con porcentajes de participación del consumo de electricidad, gas y agua del subsector educación del orden del 4,7 % y el 4,2 %. No obstante, el aporte realizado en dinero por Corea del Sur es mayor al de Israel y México, con 2.485 millones de dólares, mientras que México contribuye con 1.082 millones de dólares e Israel con 148 millones de dólares.

Con un porcentaje superior al 1 % se encuentran los países de Chile, Colombia, Reino Unido, Suecia, España y Alemania. La contribución de Colombia en el consumo de electricidad, gas y agua son de 19.047 millones de dólares, superior a Chile, que cuenta con un valor de 14.178 millones de dólares, e inferior a Alemania y Reino Unido, los cuales poseen contribuciones al subsector por valores de 192.301 y 194.448 millones de dólares, respectivamente.

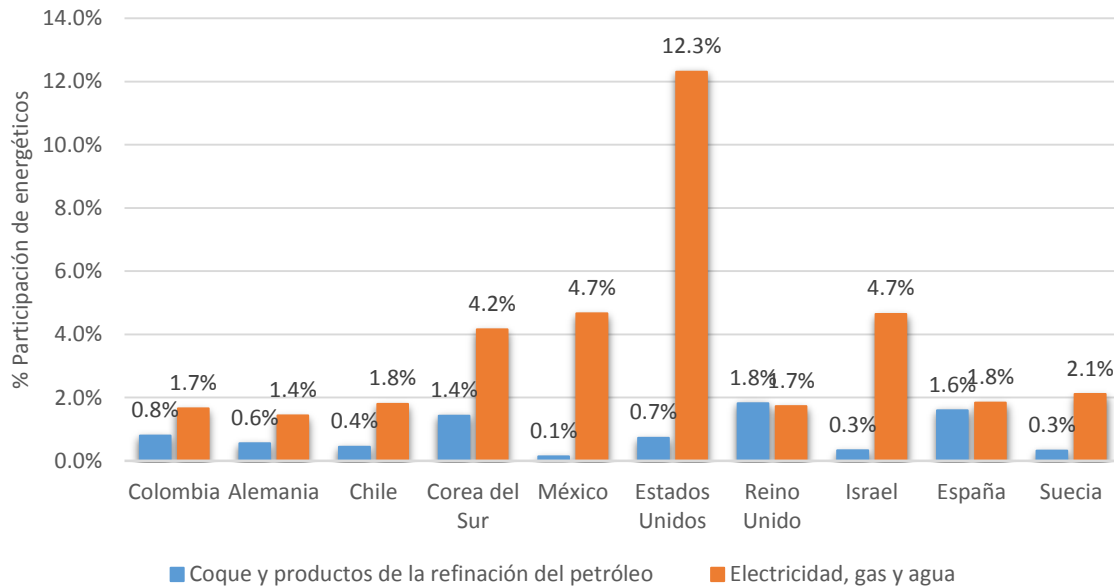


Figura 176. % Participación consumo de energéticos: Educación  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD



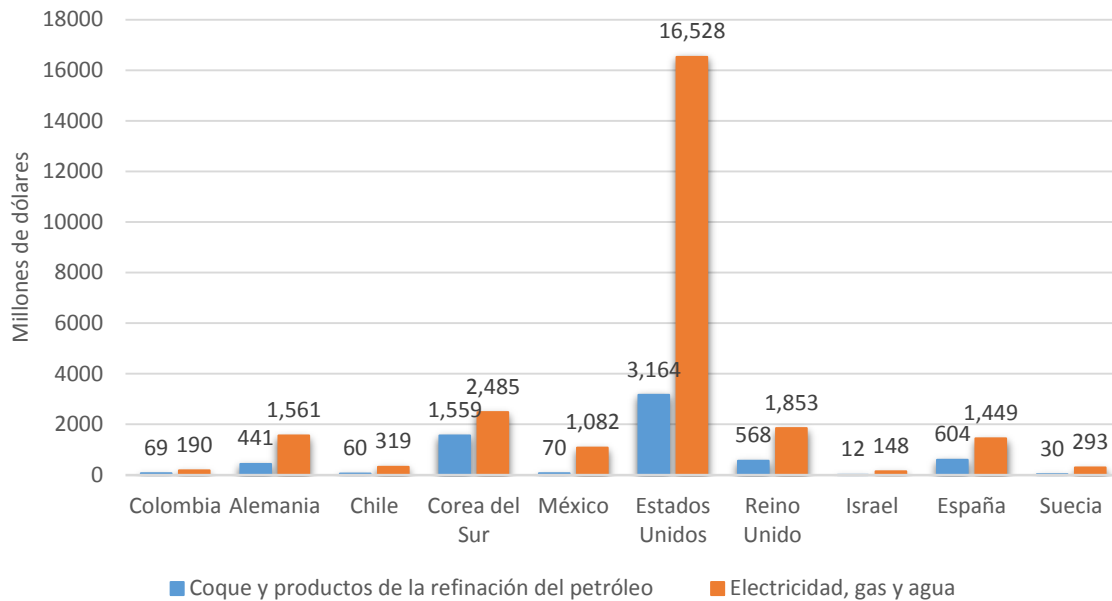


Figura 177. Consumo de energéticos en millones de dólares: Educación  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.3.5.3 Demanda subsector educación

En relación a la demanda del subsector educación, las actividades de investigación y desarrollo presentan componentes de consumo mayores a los otros subsectores. En países como Colombia, Chile, Israel y México, la demanda en actividades de investigación y desarrollo es superior respecto a los otros subsectores, como se muestra en la Tabla 44. De estos cuatro (4) países, México es el que tiene un aporte mayor en la demanda con un 26,1 %, que corresponde a 1.649 millones de dólares, seguido de Chile (21,1 %) con participación en dinero de 510 millones de dólares, Israel con una contribución del 20,8 %, equivalente a 979 millones de dólares; y finalmente Colombia, con un porcentaje del 17,7 %, posee una demanda por valor de 696 millones de dólares, superior en dinero al de Chile.

El consumo intermedio del subsector educación en Colombia se encuentra diversificado principalmente en tres subsectores: investigación y desarrollo (17,7 %), alojamiento, suministro de comidas y bebidas (16,6 %) y actividades inmobiliarias (15,5 %).

Tabla 44. Consumo intermedio del subsector educación a los demás subsectores  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

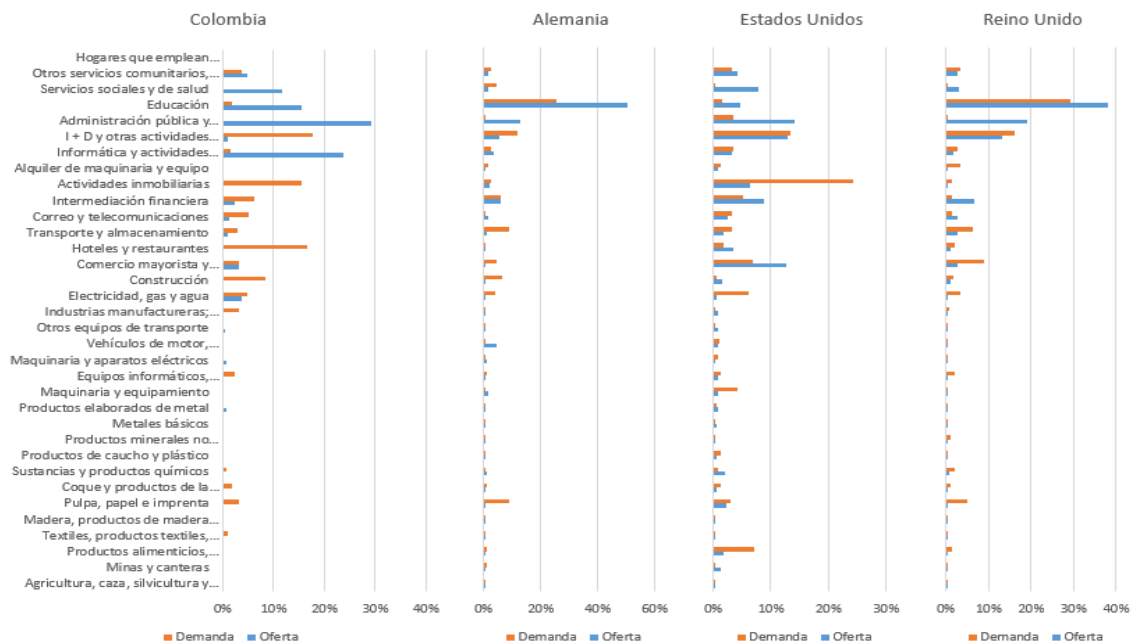
Demanda: Educación	Alemania	Colombia	Chile	Corea del Sur	México	Estados Unidos	Reino Unido	Israel	España	Suecia
Coque y productos de la refinación del petróleo	1,1%	1,7%	2,5%	9,0%	1,1%	1,2%	1,1%	0,3%	5,8%	0,3%
Industrias manufactureras; reciclaje	0,4%	3,3%	0,1%	7,2%	1,7%	0,3%	0,8%	1,3%	3,0%	0,6%
Electricidad, gas y agua	3,9%	4,8%	13,2%	14,3%	17,1%	6,1%	3,5%	3,1%	14,0%	2,6%
Construcción	6,5%	8,4%	5,4%	2,1%	4,4%	0,5%	1,9%	2,4%	11,9%	1,8%
Comercio mayorista y minorista, reparación	4,5%	3,1%	6,7%	5,8%	7,3%	6,9%	9,0%	3,4%	8,2%	5,3%
Hoteles y restaurantes	0,3%	16,6%	6,2%	0,1%	3,7%	1,8%	2,1%	2,0%	2,3%	2,7%

Demanda: Educación	Alemania	Colombia	Chile	Corea del Sur	México	Estados Unidos	Reino Unido	Israel	España	Suecia
Transporte y almacenamiento	9,1%	2,9%	4,2%	3,2%	3,3%	3,1%	6,3%	17,5%	1,7%	9,2%
Intermediación financiera	6,0%	6,2%	10,8%	9,1%	5,5%	5,0%	1,4%	12,0%	4,8%	1,0%
Actividades inmobiliarias	2,5%	15,5%	9,6%	5,7%	8,5%	24,3%	1,3%	3,6%	1,7%	33,4%
I + D y otras actividades comerciales	11,7%	17,7%	21,1%	7,2%	26,1%	13,4%	16,3%	20,8%	13,4%	8,3%
Educación	25,4%	1,9%	0,2%	0,3%	0,8%	1,5%	29,4%	15,9%	2,0%	3,1%

#### 7.4.3.5.4 Estructura de la oferta y la demanda del subsector educación a los demás subsectores

A continuación, se presenta la estructura completa de la oferta y la demanda del subsector educación a los demás subsectores. En cuanto a la oferta se observa que Corea del Sur, Estados Unidos y Chile presentan una matriz con mayor diversificación respecto a los otros países que son objeto de análisis. Esto se da debido a que se poseen porcentajes de participación en la mayoría de subsectores mostrados en la Figura 178.

Países como Colombia, Alemania, México y Reino Unido, presentan una oferta enfocada sólo en algunos subsectores de la economía, como lo son: administración pública y defensa, educación, servicios sociales y de salud, informática y actividades conexas, transporte y almacenamiento e intermediación financiera. En cuanto a la demanda países como Colombia, Alemania, Chile y México presentan unos comportamientos similares, teniendo consumos intermedios principalmente en sectores como educación, actividades inmobiliarias, investigación y desarrollo, y electricidad, agua y gas. Finalmente, países como Corea del Sur y Estados Unidos presentan una mayor diversificación en el consumo intermedio de la educación a los demás subsectores. Estos países poseen participación en la mayoría de sectores económicos de la matriz insumo – producto, por lo que se consideran con mayor desarrollo productivo.



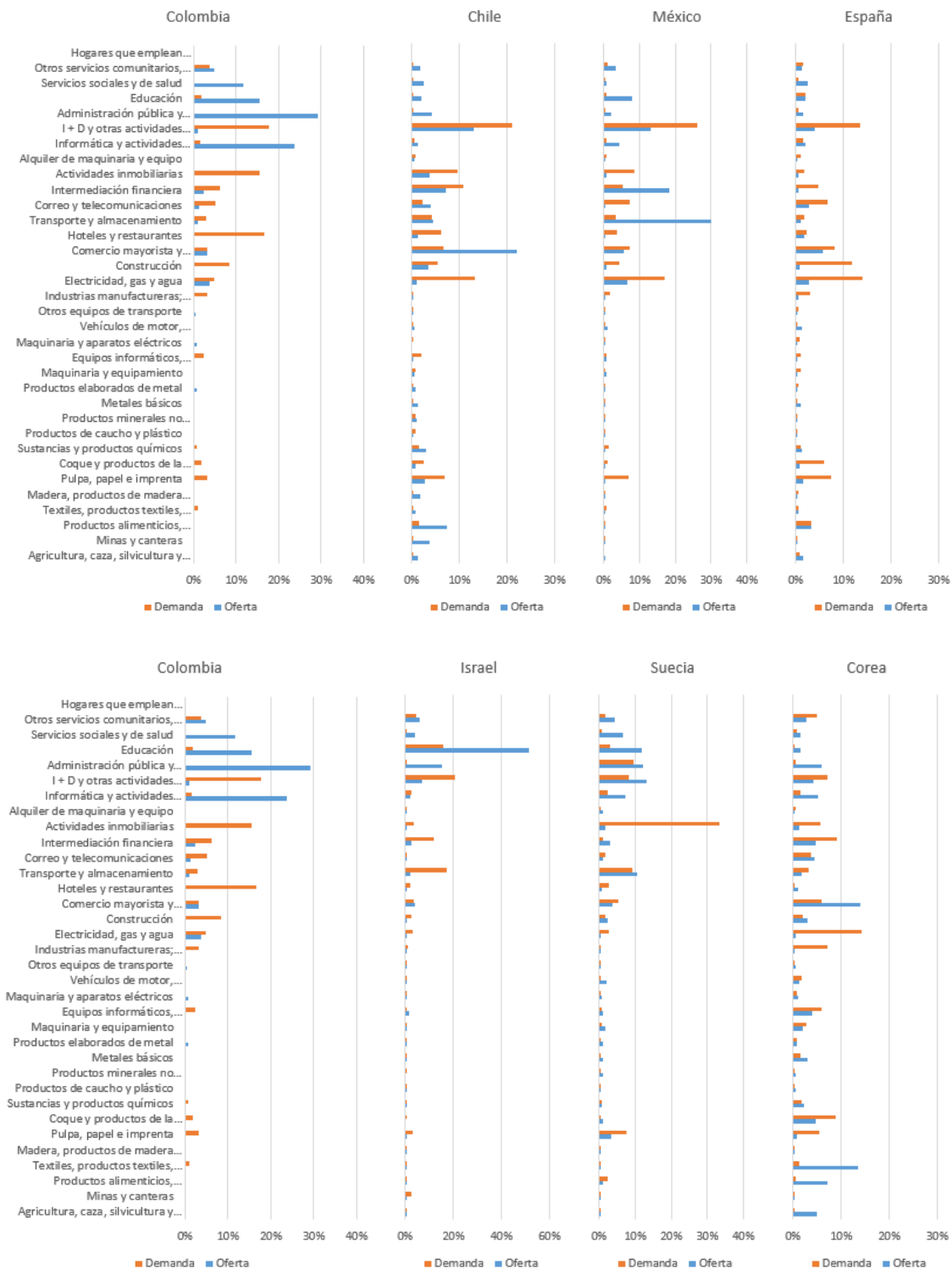


Figura 178. Oferta y demanda del subsector educación a los demás subsectores  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD

#### 7.4.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector terciario-servicios

La Figura 179 presenta la cadena de valor global del sector servicios. Se denomina global porque dentro de esta cadena de valor están representados los siguientes subsectores: Alojamiento, suministro de comidas y bebidas, Servicios de intermediación financiera, Servicios de salud, y Servicios de educación. La presente cadena de valor muestra de manera general la distribución del sector servicios, de acuerdo al modelo teórico de Porter. Inicialmente se encuentra la logística interna, en donde se definen los servicios que se van a prestar, se contactan los clientes y finalmente se reciben sus solicitudes; se pueden encontrar solicitudes de habitaciones, de apertura de cuentas, de consultas médicas, de ingreso a la educación, entre otras. Posteriormente se evidencian las operaciones realizadas para llevar a cabo las solicitudes expresadas por los clientes, comenzando por procesos de contratación, estudio de las necesidades y validación de requisitos y por último se procesan estas solicitudes; en las operaciones es donde se concentran las actividades misionales principales de los diferentes establecimientos asociados al sector servicios y estas actividades son desarrolladas en su mayoría en edificaciones u oficinas, por lo tanto, en este módulo de la cadena de valor se presenta el mayor consumo de energéticos, asociados a iluminación, aire acondicionado, fuerza motriz y refrigeración. Seguidamente, se encuentra la logística externa, representado por la entrega final de las solicitudes del cliente y la validación y ajustes y finalmente se encuentran los procesos de marketing y ventas y servicios post-venta, incorporando actividades de publicidad y promoción y gestión de clientes.

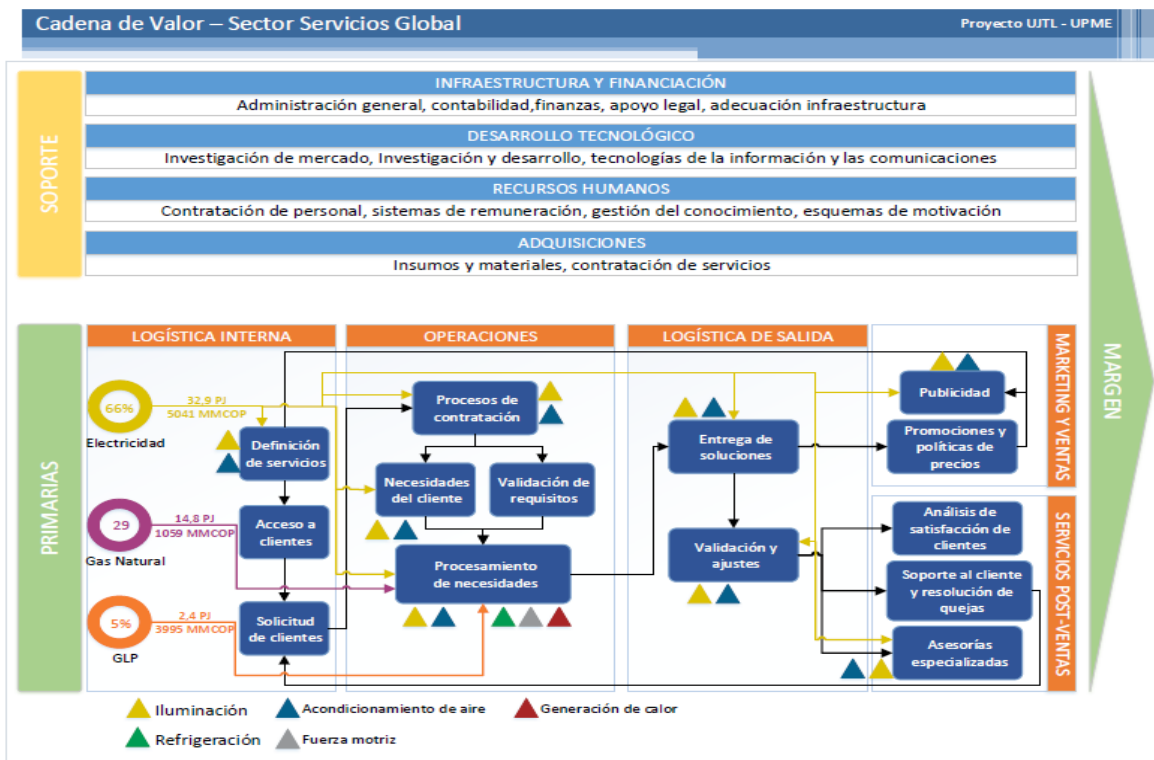


Figura 179. Cadena de valor global del sector servicios  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al consumo de energéticos, el sector servicios se caracteriza por tener un gran porcentaje de consumo en energía eléctrica, aproximadamente un 65,7% del consumo total es representado por la electricidad, unos 32,9 Petajoules (PJ); valores tomados del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia, UPME 2013[4]. Esto se debe a que este sector no realiza procesos productivos que requieran de máquinas que usen combustibles o el uso de sistemas de transporte, sus principales actividades son realizadas en oficinas ubicadas en edificaciones. Seguidamente al consumo de energía eléctrica, se encuentra el consumo de gas natural, con una participación en el consumo total del 29,5 %, correspondiente a 14,8 PJ; empleado principalmente en cocción de alimentos y calentamiento de agua. Finalmente, se encuentran los productos derivados del petróleo como el gas licuado de petróleo, este posee una participación del 4,8 %, aportando 2,4 PJ, para el año 2013.

Según la matriz utilización de productos del DANE, para el año 2014, se tiene que el consumo de energía eléctrica asociado al sector servicios tuvo gastos por valor de 5.041 miles de millones de pesos; respecto al gas natural se asumieron gastos por valor de 1.059 miles de millones de pesos y finalmente el gas licuado de petróleo se gastó 3.995 miles de millones de pesos.

En relación a la participación del uso de energéticos por uso final, se tiene que el de mayor participación es la iluminación con el 31,02%, seguido por el acondicionamiento de espacios con 22,83%, en menor proporción se encuentra la refrigeración y la fuerza motriz, con 13,91% y 12,38%, respectivamente, la generación de calor con el 11,03% y el uso de equipos de oficina comprende el 8,83%[4] como lo presenta la Figura 180.

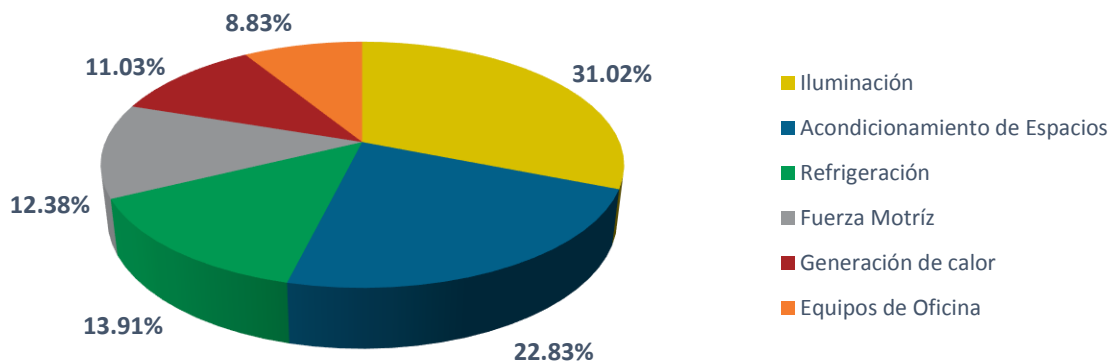


Figura 180. Participación del uso final de energéticos – sector servicios  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la UPME, 2013

Del porcentaje de energéticos requerido por iluminación, 31,02 %, en su totalidad corresponde a Electricidad, demandando 15,5 PJ del total del consumo energético. De igual manera, el acondicionamiento de espacios utiliza energía eléctrica en su totalidad, 22,83 % correspondiente a 11,4 PJ. Al igual que la iluminación y el acondicionamiento de espacios, la refrigeración utilizada en el sector servicios requiere como suministro energético electricidad, asociado a un 13,91 % para un total de 7,0 PJ. Por su parte la fuerza motriz y los equipos de oficina, utilizan también en su consumo total energía eléctrica, demandando 6,2 PJ y 4,4 PJ, respectivamente. Finalmente, la generación de

calor posee tres componentes energéticos, electricidad, gas natural y gas licuado de petróleo; para un total consumido de 5,5 PJ. Estos energéticos son utilizados principalmente para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, acondicionamiento de piscinas, saunas y calderas. La situación descrita anteriormente se evidencia en la Tabla 45.

Tabla 45. Participación y uso de energéticos por aplicación final  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de UPME

Aplicación final de la energía año 2013	Energéticos					
	Energía Eléctrica		Gas Natural		Gas Licuado de Petróleo	
	Porcentaje de uso (%)	Consumo (PJ)	Porcentaje de uso (%)	Consumo (PJ)	Porcentaje de uso (%)	Consumo (PJ)
Iluminación	100%	15,5	0%	0	0%	0
Acondicionamiento de Espacios	100%	11,4	0%	0	0%	0
Refrigeración	100%	7,0	0%	0	0%	0
Fuerza Motriz	100%	6,2	0%	0	0%	0
Generación de calor	31%	1,7	51%	2,8	18%	1,0
Equipos de Oficina	100%	4,4	0%	0	0%	0
Totales		46,3		2,8		1,0

Como se mencionó anteriormente, el sector económico de servicios se desagrega en otros subsectores, según las cuentas nacionales del DANE. A continuación se presenta un análisis de las cadenas de valor asociadas a los subsectores del sector servicios:

#### 7.4.4.1 Subsector Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas

Este sector comprende los servicios que suministran al cliente alojamiento temporal y/o preparación de comidas, refrigerios y bebidas para su consumo inmediato.

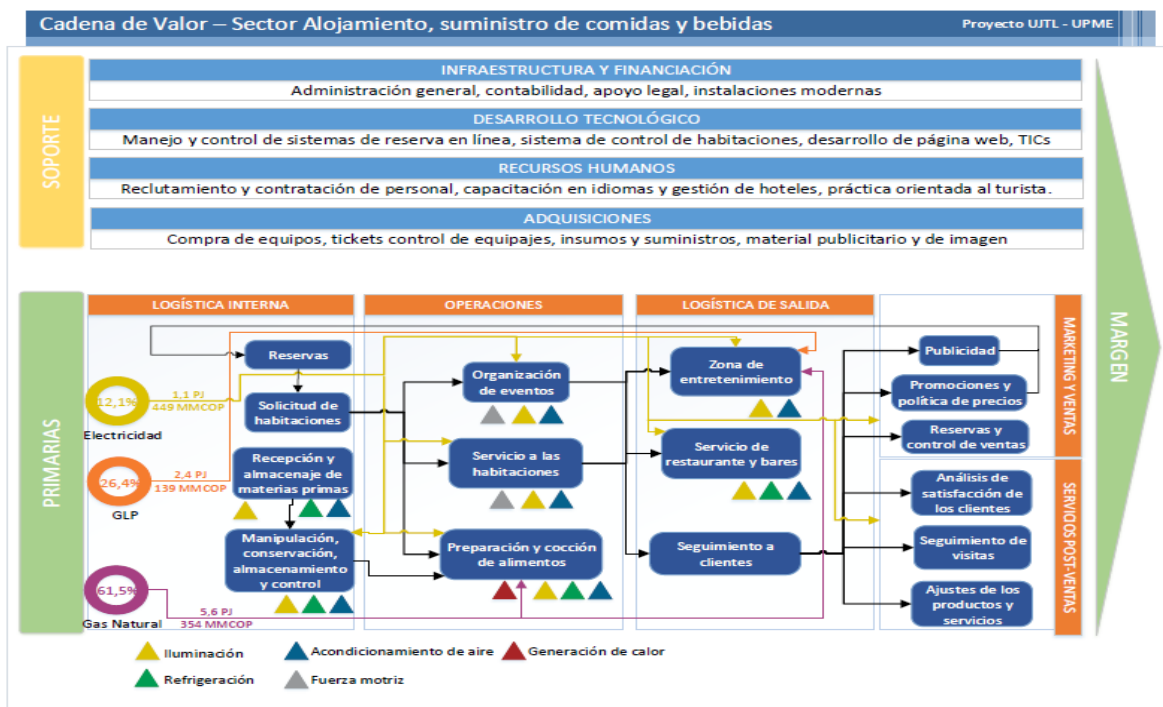


Figura 181. Cadena de valor sector Alojamiento, suministro de comidas y bebidas  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 181 presenta la cadena de valor del sector alojamiento, suministro de comidas y bebidas. En este diagrama, se puede observar las actividades misionales del sector; en primer lugar, la logística interna consiste en las reservas y solicitud de habitaciones para el alojamiento de huéspedes de manera temporal, de igual manera, para el servicio de suministro de comidas y bebidas se reciben las materias primas y se almacenan. Una vez almacenadas se procede con su manipulación y conservación mediante procesos de refrigeración y almacenamiento para ser utilizadas en el momento de ser cocinados. Una vez se ha pasado por las actividades internas, se procede con las operacionales; que comprenden principalmente, el servicio de habitaciones donde se aloja el huésped y la organización de eventos y ferias. Por otra parte, se contempla la preparación y cocción de alimentos asociados, para luego ser servidos al cliente en el restaurante y bar, comprendido en la logística de salida. Igualmente, se realizan actividades de entretenimiento, como lo son gimnasio, sauna, turco, entre otros. El seguimiento a clientes es esencial en este sector, como consecuencia de una buena publicidad, preocupación por el cliente y revisiones de calidad y satisfacción del huésped ocasionaran que en un futuro se aloje de nuevo en el establecimiento.

Del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia[4], se tiene que el consumo de energía eléctrica en el año 2013 es de alrededor un 12,1 %, lo que representa un consumo 1,1 PJ del total de energéticos consumidos. Este valor se ve reflejado en el uso de iluminación, acondicionamiento de espacios y refrigeración, que se usan en establecimientos de alojamiento temporal de personas. Seguidamente, se observa que el consumo de gas natural es alrededor de un 61,5 %, para un total de 5,6 PJ; representado principalmente por el calentamiento de agua, saunas y turcos, evidenciado en mayor medida en lugares de temperatura ambiente baja. En relación al gas licuado de petróleo se evidencia una participación del 26,4 %; correspondiente a 2,4 PJ, este último es utilizado principalmente para la cocción de alimentos. Se observa que para este sector el consumo de energía eléctrica es menor a lo consumido en gas natural y gas licuado de petróleo, debido al uso de aplicaciones que requieren de estos energéticos.

De la Encuesta Anual de Servicios [47], para el año 2014, se tiene que el subsector de alojamiento, suministro de comidas y bebidas, posee un consumo de energía eléctrica de 2,15 PJ<sup>5</sup>, mientras que el consumo de gas natural es de 0,792 PJ. A comparación del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo de energéticos, se observa que hay una diferencia considerable en el consumo de energéticos.

Respecto a la Encuesta Ambiental de Hoteles [48], para el año 2014, se evidencia que el consumo de energía eléctrica en hoteles es de 2,38 PJ. Esta base de datos presenta un consumo relativamente superior respecto al informe de determinación del potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios y a la Encuesta Anual de servicios. Sin embargo, la Encuesta Ambiental de Hoteles, no posee información referente al consumo de gas natural ni gas licuado de petróleo. De esta manera, por tener mayor cantidad de datos en el informe de determinación del potencial de

---

<sup>5</sup> La Encuesta Anual de Servicios posee los valores en pesos, para hallar los valores en PJ se tomaron el promedio de la tarifa de energía para el año 2014, tomada del SUI para el Consumo Facturado y Tarifa Promedio Sector Comercial por Empresa.



reducción del consumo energético, se va a tomar en el actual estudio este informe para identificar el consumo de energéticos en los diferentes subsectores.

Respecto a los gastos asociados al consumo de energéticos en el sector servicios, se tiene que el gasto en energía eléctrica fue de 449 miles de millones de pesos para el año 2014; según matriz de utilización de productos del DANE[3]. Por su parte, el consumo de gas natural tuvo costos alrededor de 354 miles de millones de pesos y finalmente, los derivados del petróleo tuvieron una participación en los gastos de 139 miles de millones de pesos. Se evidencia que el mayor contribuyente al gasto de energéticos es la electricidad, aunque el gasto en gas natural se encuentra con valores cercanos.

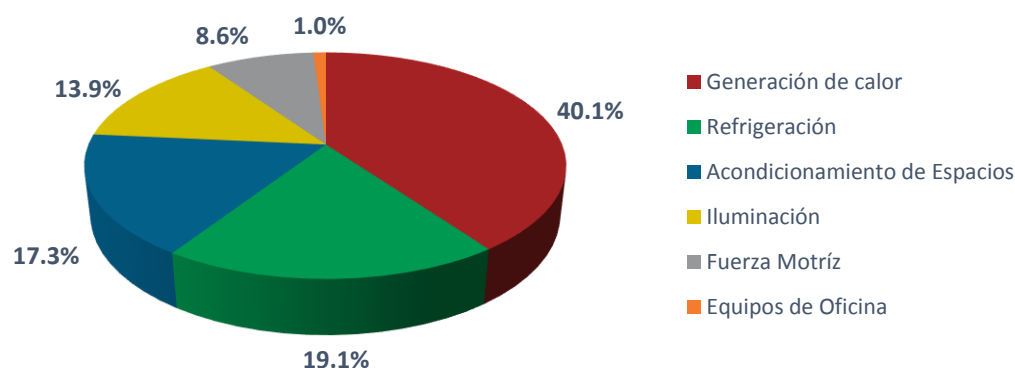


Figura 182. Participación del uso final de energéticos – Alojamiento, suministro de comidas y bebidas  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la UPME, 2013

La Figura 182 representa la participación del uso de energéticos por uso final para el sector de alojamiento y suministro de comidas y bebidas. Como se muestra en la figura, la participación de mayor orden la contiene la generación de calor, con un 40,1%; este porcentaje es consecuencia del calentamiento de agua, acondicionamiento de piscinas, saunas, turcos y cocción de alimentos. Seguidamente se encuentra la refrigeración, con una contribución del 19,1 %, en donde se encuentra el almacenamiento de materias primas, como alimentos y bebidas; en tercer lugar, se presenta el acondicionamiento de espacios, con un 17,3 %, lo cual es debido a que en estos establecimientos cada habitación posee aire acondicionado y en la mayoría de casos se encuentran en funcionamiento alrededor del 80 % del tiempo. Seguidamente, con un 13,9 % se encuentra la iluminación. Posteriormente, se encuentran los sistemas de fuerza motriz contribuyendo con el 8,6% y finalmente con un 1 % se encuentran los equipos de oficina.

De los usos mostrados en la Figura 182, los correspondientes a refrigeración, acondicionamiento de espacios, iluminación, fuerza motriz y equipos de oficina utilizan esencialmente energía eléctrica. En los usos correspondientes a generación de calor, se presenta el consumo tanto de energía eléctrica como de gas natural y gas licuado de petróleo.

#### 7.4.4.2 Subsector Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos

Este sector comprende actividades de servicio financiero, incluyendo actividades de seguros, reaseguros y de pensiones y actividades de apoyo a los servicios financieros.



El sector de intermediación financiera no hay manejo físico de un producto. Un producto financiero no tiene realidad material, más bien es un conjunto de procesos encargados de satisfacer una necesidad de un cliente.

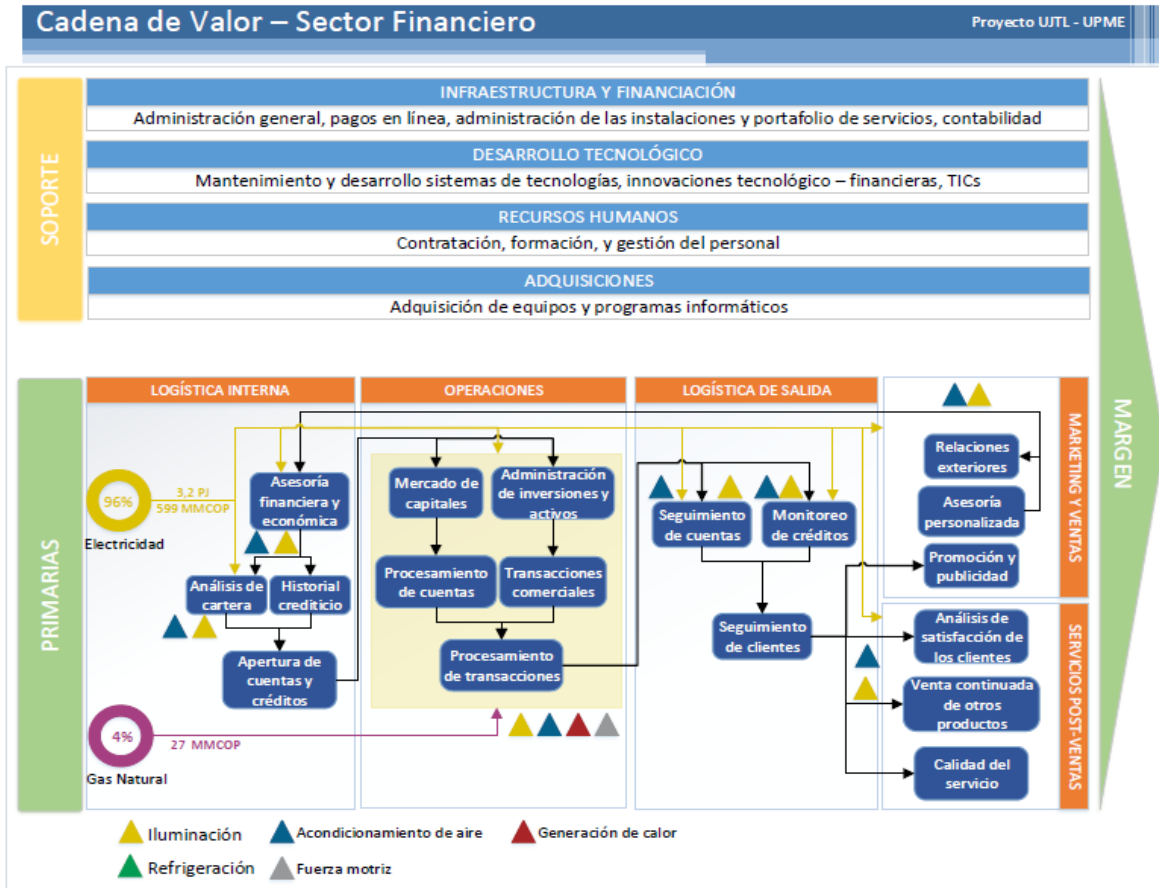


Figura 183. Cadena de valor sector de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 183 presenta la cadena de valor del sector de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos. Se pueden distinguir las actividades esenciales del proceso, como lo son la atención al usuario quien llega al establecimiento con el fin de adquirir productos o utilizar los productos ya adquiridos con la entidad; esta atención del usuario se compone de brindar asesoría financiera y económica sobre los productos que contienen las entidades financieras, se valida el cumplimiento de requisitos y posteriormente se procede con la apertura de las cuentas relacionadas con los productos adquiridos; de esta manera se compone la logística de entrada de la cadena de valor. En cuanto a las operaciones, se realizan las solicitudes de clientes, relacionadas con transacciones económicas, se administran los capitales, las inversiones y los activos. Finalmente, se sigue con el procesamiento de cuentas y transacciones y se monitorean y gestionan los créditos, de esta manera se tiene la logística de salida contemplada[5].

Las actividades de marketing y ventas se encuentran encaminadas a prestar un servicio de calidad al usuario, por medio de relaciones internacionales, asesoría especializada y promoción y publicidad

de los servicios. Por otra parte, los servicios de post-ventas comprenden el análisis de satisfacción de clientes, venta continuada de otros productos y calidad del servicio.

Transversal a estas actividades se encuentra el apoyo, como lo es la infraestructura, incluyendo administración, contabilidad, gestión del portafolio de servicios, entre otras. Igualmente, las actividades de desarrollo tecnológico juegan parte esencial en la presente cadena de valor, como lo son las tecnologías de la información y las comunicaciones y desarrollo de plataformas informáticas seguras. Otras actividades de apoyo son los recursos humanos y las adquisiciones.

Según el informe final de determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia, el sector de intermediación financiera, de seguros y bienes conexos, posee consumos energéticos asociados con la energía eléctrica, correspondiente a un 3,2 PJ. Este consumo energético se encuentra asociado principalmente al acondicionamiento de espacios e iluminación<sup>6</sup>.

De la Encuesta Anual de Servicios [47], para el año 2014, no posee información para el sector de intermediación financiera.

Este consumo de energía eléctrica para los servicios financieros, representó en el año 2014 un gasto aproximado de 599 miles de millones de pesos, según matriz de utilización de productos del DANE. Otros energéticos, el gas natural tiene una participación baja, representado por 27 miles de millones de pesos en el año 2014, para un porcentaje total de 4 % del total gastado en recursos energéticos.

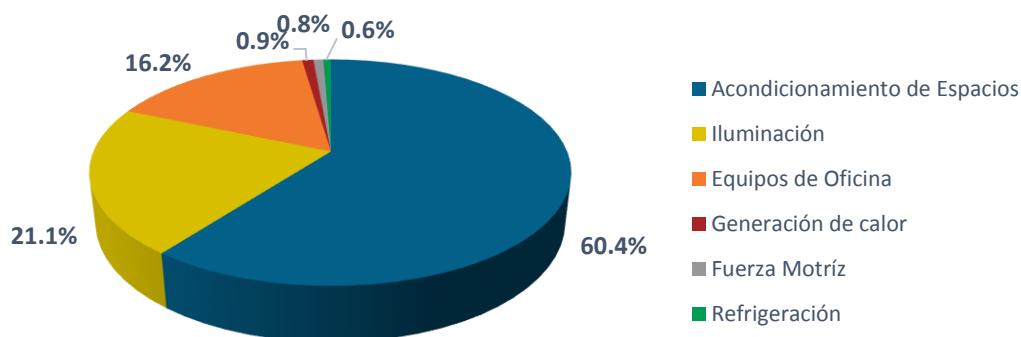


Figura 184. Participación del uso de energéticos por uso final – intermediación financiera, de seguros y servicios conexos

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la UPME, 2013

En la Figura 184 se puede observar la participación del uso de energéticos por uso final asociados al sector de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos. Se evidencia que el acondicionamiento de espacios contiene una participación mayoritaria en la aplicación final de la energía eléctrica, contando con el 60,4 % del total consumido. Esta proporción es debida a que las edificaciones bancarias contienen grandes espacios, que para confort del personal y clientes debe mantenerse a temperaturas alrededor de los 20 °C, por lo que los sistemas de acondicionamiento de espacios trabajan la mayor parte del tiempo para mantener dicha temperatura estable.

<sup>6</sup> Para el gas natural el informe no posee información referente al consumo de este energético para el sector financiero.

Seguidamente, se puede observar los sistemas de iluminación, contando con el 21,1 % de la participación del uso de energéticos; luego se encuentran los equipos de oficina, con un 16,2 %; esenciales para el trabajo del personal de las entidades financieras. Finalmente, con una participación minoritaria, se relacionan la generación de calor, fuerza motriz y refrigeración.

Asociado a los anteriores consumos de energéticos por aplicación final, se tiene que el consumo de acondicionamiento de espacios corresponde a 1,9 PJ, los sistemas de iluminación se llevan una participación de 0,7 PJ y los equipos de oficina requirieron 0,5 PJ. En su totalidad, estos sistemas consumen energía eléctrica.

#### 7.4.4.3 Subsector Servicios de educación

En este sector se incluye la enseñanza pública y privada de cualquier nivel y para las diferentes profesiones. Comprende las diferentes instituciones de educación formal, principalmente colegios y universidades.

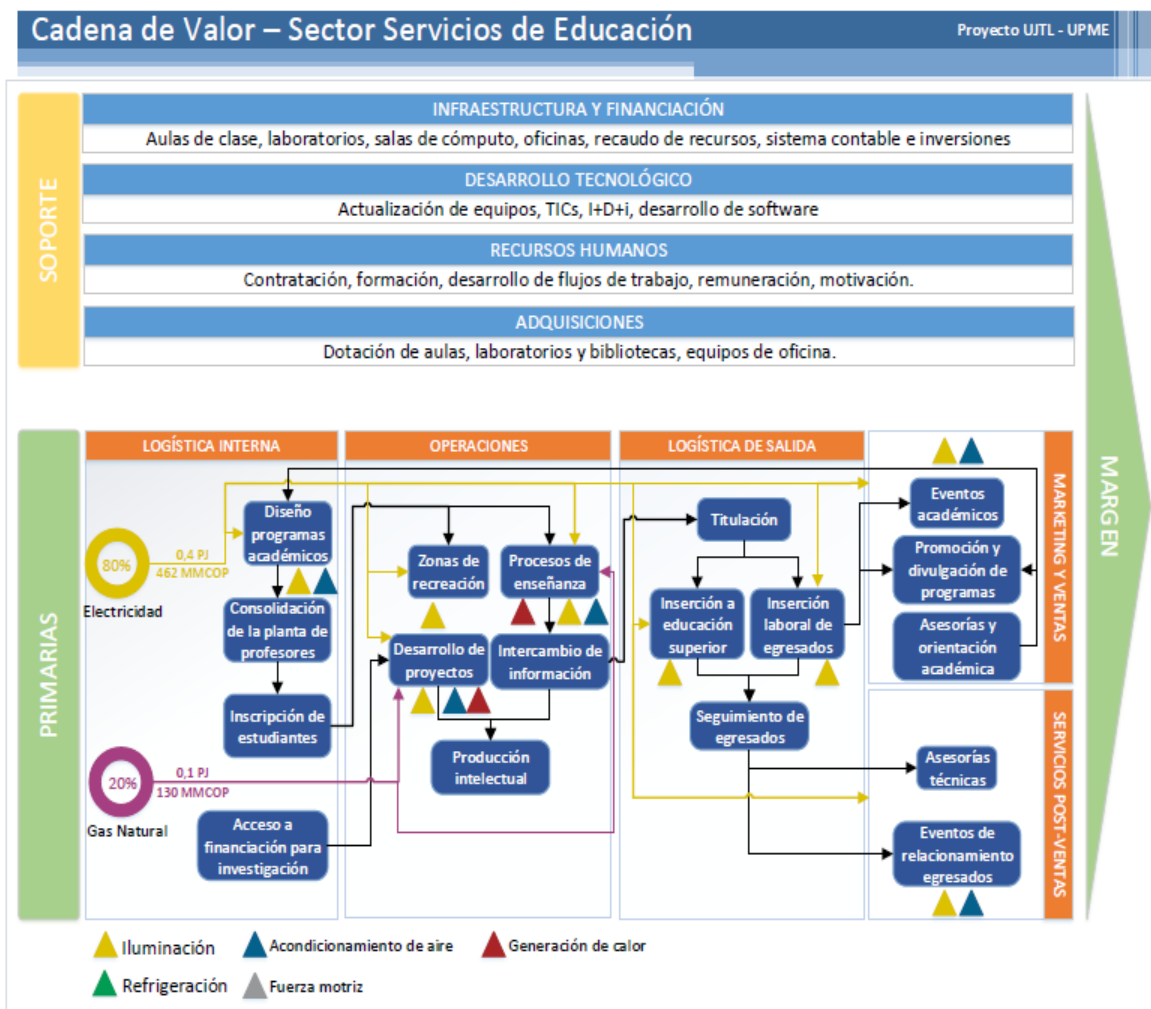


Figura 185. Cadena de valor sector de educación  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 185 presenta la cadena de valor del sector educación, iniciando con el diseño de los programas académicos y la consolidación de la planta de profesores, lo que permite tener la capacidad para ofrecer a las diferentes personas programas de formación derivando en la inscripción de estudiantes a las instituciones educativas. Dentro de las actividades de logística interna, también se incluye aquellas actividades que contribuyen a la búsqueda de financiamiento para la investigación de diversos proyectos, estas actividades se dan principalmente en las instituciones de educación superior. Entrando en las operaciones del sector educativo, se encuentran esencialmente los procesos de enseñanza, que es donde las personas inscritas asisten para recibir e intercambiar conocimiento; estos procesos de enseñanza son llevados a cabo en edificaciones de colegios y campus de educación superior. De igual manera, se realizan las actividades de investigación asociada a los diversos proyectos que contienen en su haber los grupos de investigación, para finalmente llegar a la producción intelectual de conocimiento (artículos, libros, patentes, etc). Como logística de salida, se tienen actividades relacionadas con la titulación de los estudiantes y la inserción al mercado laboral o a la educación superior para aquellos estudiantes de educación básica secundaria. El seguimiento a los egresados es una actividad que se realiza con el fin de verificar la calidad de la enseñanza y en este sentido poder realizar los ajustes a los programas académicos que sean pertinentes. Como parte del marketing y ventas, se comprende la realización de eventos académicos, promoción y divulgación de programas y las asesorías y orientación académica a los estudiantes de acuerdo a sus gustos, habilidades y perfil. Finalmente, las actividades de post-venta son asesorías técnicas y eventos de relacionamiento de egresados[6].

El consumo de energéticos en el sector de educación se da principalmente en electricidad y gas natural, aunque en mayor proporción se da el consumo de energía eléctrica, con un porcentaje de participación del 80 %, correspondiente a 0,4 PJ. Este consumo de electricidad se da principalmente en iluminación, acondicionamiento de espacios y equipos de oficina. Por otra parte, el gas natural representa el 20 % del consumo total de energéticos, con un valor aproximado de 0,1 PJ, asociado a la cocción de alimentos en colegios y universidades, y a laboratorios en procesos de calentamiento de sustancias. Información tomada del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia. En relación a los gastos asociados al consumo de energético, se tiene que el sector educativo, para el año 2014, tuvo gastos correspondientes al consumo de energía eléctrica por valor de 462 miles de millones de pesos, según matriz de utilización de productos del DANE. Por su parte, el gas natural contribuyó con gastos aproximados de 130 miles de millones de pesos; lo que evidencia que el mayor gasto en el consumo de energéticos es asociado a la energía eléctrica. De la Encuesta Anual de Servicios [47], para el año 2014, se tiene que el subsector de educación, posee un consumo de energía eléctrica de 0,67 PJ, mientras que el consumo de gas natural es de 0,019 PJ.

La Figura 186 presenta la participación del uso de energético por aplicación final. Se observa que el porcentaje de mayor participación es del orden de 62,9 %, asociado a los sistemas que proveen iluminación a las aulas de clase, laboratorios, auditorios, centros de investigación y zonas de recreación; estos diferentes espacios por lo general tienen un área grande y los requisitos de lúmenes son altos para poder tener niveles adecuados de iluminación. Seguidamente, se encuentra el acondicionamiento de espacios, con un porcentaje de participación del 20,6 %, utilizado principalmente en salas de cómputo, laboratorios y centros de investigación. Posteriormente, se

muestra con una contribución del 11,7 % los equipos de cómputo utilizados en las aulas de clase, laboratorios, áreas administrativas y la planta de profesores. En menor proporción de participación se encuentran la fuerza motriz, refrigeración y generación de calor.

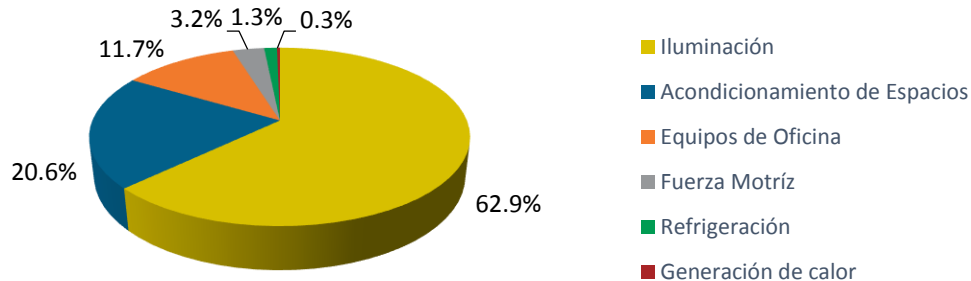


Figura 186. Participación del uso de energéticos por aplicación final – sector educativo

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la UPME, 2013

Con respecto a los consumos en Joules de los energéticos por aplicación final, se tiene que las tecnologías que proveen iluminación poseen un consumo de 0,31 PJ, demandando en su totalidad energía eléctrica; los sistemas de acondicionamiento de espacios tienen consumos energéticos por valor de 0,1 PJ y al igual que la iluminación demanda solo electricidad; por su parte, los equipos de oficina tienen asociados un consumo de 0,06 PJ, igualmente la totalidad demandada es energía eléctrica. En menor medida se presenta la fuerza motriz y refrigeración, con un 0,02 y 0,01 PJ. Finalmente, la generación de calor, asociada a la cocción de alimentos y calentamiento de agua, es de un 0,0015 PJ y en su totalidad es suministrado por gas natural.

#### 7.4.4.4 Subsector Servicios sociales y de salud de mercado

El presente sector comprende la prestación de servicios de salud a través de la evaluación clínica, diagnósticos y tratamiento de personas. En algunos casos, por razones médicas, se prestan servicios de hospitalización de pacientes, así como asistencia social y orientación psicológica.

La Figura 187 muestra la cadena de valor de los procesos para prestar al usuario final los servicios de salud. Se inicia con la logística interna, en donde se pueden ver las actividades de gestión del paciente, la atención del mismo y la documentación clínica, lo cual deriva en la evaluación clínica y elaboración de diagnósticos. Las actividades de logística interna son insumo para dirigir al paciente hacia las actividades de operación relacionadas, que comprenden la consulta externa, urgencias y la atención hospitalaria; en relación a estas actividades operacionales se derivan los tratamientos quirúrgicos, análisis en laboratorios y lo comprendido a laboratorios farmacéuticos con el suministro de medicamentos. Posteriormente, están las actividades relacionadas con la logística de salida que comprende la salida de clientes, ya sea de hospitalización, urgencias o de los centros de salud, luego se realiza lo que comprenden evaluaciones periódicas postquirúrgicas y se hace seguimiento a los usuarios evaluando su evolución y estado de salud.

El módulo de marketing y ventas, posee actividades relacionadas con encuestas de satisfacción y evaluación de los precios de servicios. En relación a los servicios de post-venta se poseen lo que son servicios ambulatorios, monitoreo de pacientes y actividades de educación en salud[7].

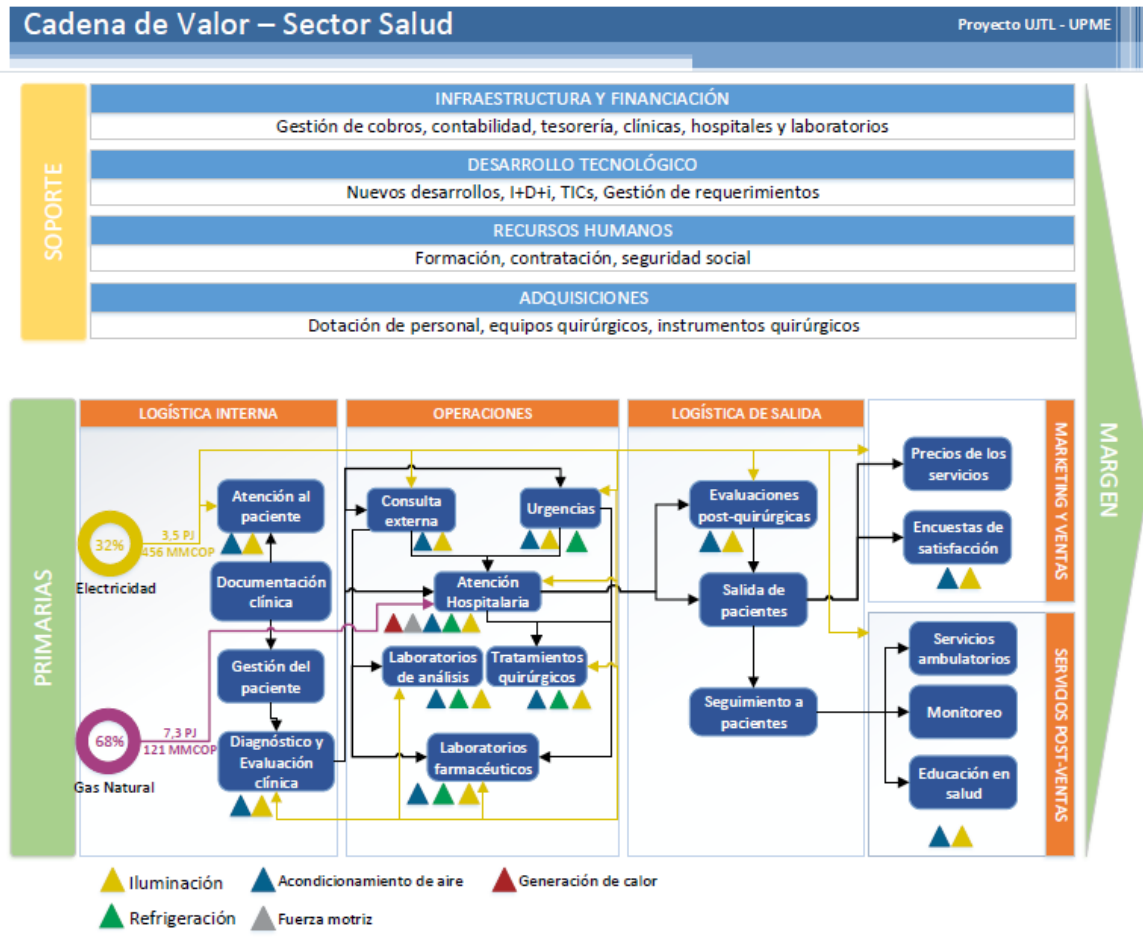


Figura 187. Cadena de valor sector de servicios de salud  
Fuente: Elaboración propia

Del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo energético en el sector servicios en Colombia, se observa que el sector de servicios de salud básicamente consume energía eléctrica y gas natural. El porcentaje de participación del consumo de energía eléctrica es aproximadamente el 32 %, correspondiente a un 3,5 PJ, dado principalmente por acondicionamiento de espacios e iluminación; y en un porcentaje de aproximadamente el 68 % se consume gas natural, con un valor de 7,3 PJ; este gas es utilizado principalmente en calentamiento de agua, calderas y cocción de alimentos. De la Encuesta Anual de Servicios [47], para el año 2014, se tiene que el subsector de alojamiento, suministro de comidas y bebidas, posee un consumo de energía eléctrica de 1,41 PJ, mientras que el consumo de gas natural es de 0,098 PJ. A comparación del informe final de determinación de potencial de reducción del consumo de energéticos, se observa que hay una diferencia considerable en el consumo de energéticos.

Por otra parte, según matriz de utilización de productos del DANE para el año 2014, el gasto en energía eléctrica fue de 456 miles de millones de pesos, alrededor del 78 % total del gasto en energéticos. Por otra parte, el gas natural presenta gastos en su consumo energético por valor de

121 miles de millones de pesos, lo que representa aproximadamente el 22 % del gasto total del consumo de energéticos.

En cuanto a la participación del uso de energéticos por aplicación final, la Figura 188 presenta cada uno de los usos finales y el porcentaje relacionada a esta participación. Se muestra la generación de calor posee el mayor porcentaje de participación de uso de energéticos, con un 37,4 % del total de las aplicaciones finales, este consumo es asociado al calentamiento de agua para atención de pacientes, la cocción de alimentos y el uso de calderas. Muy de cerca se encuentra el acondicionamiento de espacios, con un 34 %; este consumo se da principalmente para mantener los espacios de habitaciones, centros de salud y salas de cirugía a niveles bajos de temperatura, evitando la proliferación de enfermedades y propagación de virus. Posteriormente, se encuentra el consumo asociado a iluminación, estos sistemas contribuyen con una participación del 19,3 %. La fuerza motriz, demandan un 7,4 % en sistemas de ascensores y sistemas de bombeo. En una participación menor están los equipos de oficina y refrigeración, con porcentajes de participación de 1,7 % y 0,1 %.

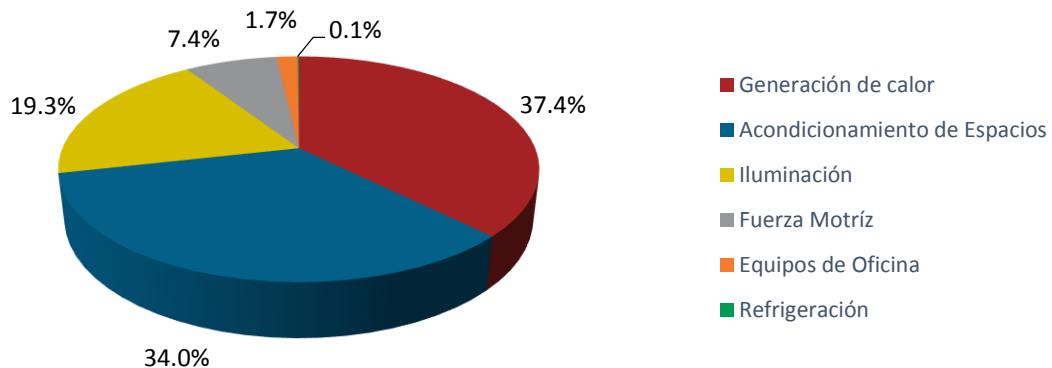


Figura 188. Participación del uso de energéticos por aplicación final – sector salud  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la UPME, 2013

El uso de sistemas de generación de calor, utiliza en mayor medida gas natural, correspondiente a 4 PJ. Por su parte, las tecnologías de acondicionamiento tienen un consumo total de 3,7 PJ, asociado en su totalidad a energía eléctrica, al igual que los sistemas de iluminación, que con un 2,1 PJ se consume en electricidad. Por su parte, la fuerza motriz contiene un consumo de energía eléctrica de 0,8 PJ y finalmente los equipos de oficina consumen 0,2 PJ.



## 7.5 Sector Residencial

### 7.5.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector residencial y subsectores e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

En la Figura 189 se comparan las diferentes fuentes de información, agencia internacional (IEA), Balance Energético Colombiano desarrollado por la fundación Bariloche (Bariloche) y Balance Energético Colombiano desarrollado por la unidad de planeación minero energético (UPME).

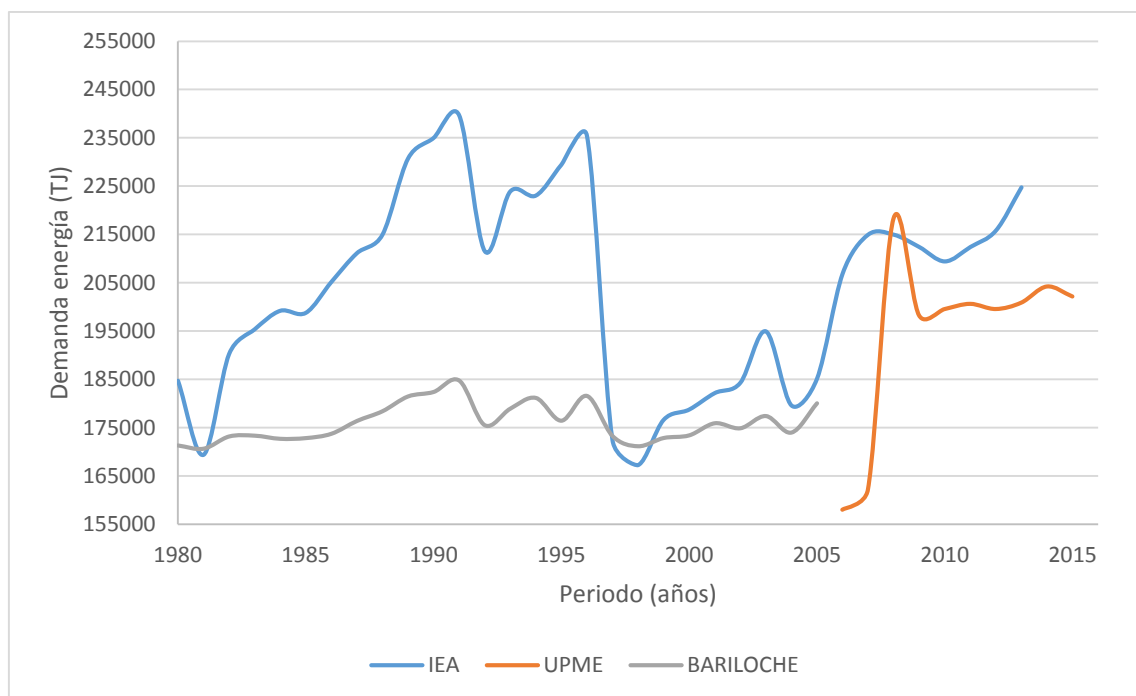


Figura 189. Variación de la demanda energética - 1980-2015  
Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA.

En la Figura 189 se aprecia que el comportamiento entre los datos de la IEA y Bariloche presentan una diferencia en cuanto a su magnitud, los datos de la IEA muestran algunos cambios abruptos que corresponderían a cambios socioeconómicos, sociales y políticos de suma importancia.

A continuación se analizará brevemente los periodos en los cuales se presenta un cambio abrupto en el comportamiento de la demanda de energía, cambios abruptos que se presenten en las diferentes fuentes de información analizadas con el objetivo de encontrar un factor común que indique un cambio en el entorno o las condiciones en las que se desarrolla el sector residencial.

Entre 1980 y 1991 se aprecia que los datos reportados por la IEA para el primer año son mayores a los reportados por Bariloche, con una diferencia de 13420,58 TJ; a partir del segundo año las dos series presentan un crecimiento significativo, con pendientes de 7023,35 TJ/año y 1410,21 TJ/año y llegando a valores máximos de 239.645,45 TJ y 184.751,52 TJ para IEA y Bariloche respectivamente.



En dicho periodo las condiciones socioeconómicas y políticas del país fueron adecuadas para generar un crecimiento en la demanda de energía. En el año 1987 se declara como servicio público la distribución y comercialización de los combustibles líquidos derivados del petróleo; en el año 1989 se crea la Comisión Nacional de Energía (CNE) la cual tiene como principal objetivo facilitar las relaciones y operaciones de los generadores y usuarios del sector eléctrico. [49]

El crecimiento de la demanda de energía en este periodo es una reacción del sector residencial a las políticas nacionales, evidenciando de ésta manera la sensibilidad del sector analizado ante la variación de las condiciones sociopolíticas.

1991 y 1992 la tendencia de crecimiento es sustituida por una depresión significativa, llegando a valores mínimos de 28.093,43 TJ y 9.243,95 TJ la para serie de la IEA y Bariloche respectivamente. Dicha depresión o decrecimiento en la demanda de energía es consecuencia directa de un fenómeno meteorológico el cual llevo al país a disminuir drásticamente el consumo energético. El país se ve obligado a un racionamiento eléctrico, consecuencia de un fuerte fenómeno del Niño, fenómeno climatológico caracterizado por fuertes y largas sequias, dicho fenómeno ocasiona un bajo nivel de almacenamiento de fuentes hídricas, empleadas para la generación eléctrica por medio de hidroeléctricas, llegando a un 28% de la capacidad de almacenamiento nacional. Es importante hacer hincapié en el hecho de que Colombia gracias a su geografía y condiciones ambientales basa su sistema de generación eléctrica en el recurso hídrico.

Al presentarse bajos niveles hídricos para la generación es necesario recurrir al sistema de respaldo conformado por centrales termoeléctricas, en el periodo analizado las plantas de generación térmicas representaban aproximadamente el 22% de la capacidad instalada en el País. Cuando el sistema de respaldo entra en funcionamiento de forma paralela los trabajadores de la corporación eléctrica de la costa Atlántica (CORELCA), corporación encargada de la operación de las centrales hidroeléctricas del Atlántico, inician huelga permanente, dejando por fuera del sistema de generación a diferentes centrales térmicas del Atlántico.

Las centrales hidroeléctricas existentes en el periodo analizado, debido principalmente debido a las condiciones topográficas del país, se encontraban ubicadas en el centro del país retiradas de los puntos de demanda costeros. La transmisión de electricidad desde el centro del país a las zonas costeras generaba pérdidas significativa en la red de transmisión. Debido a la fragilidad del sistema de generación propio de éste periodo y a puerta de enfrentar un apagón el gobierno nacional En cabeza del ministro de minas Juan Camilo Restrepo decretó el 2 de Marzo de 1992 el racionamiento eléctrico afectando primordialmente al sector residencial. La medida consistía en suspender el suministro eléctrico de forma intermitente en diferentes zonas del país, con lo que se garantizaba finalmente el suministro a todo el país y adelantar la hora local, en una hora, con el objetivo de aprovechar al máximo la luz del día. [50]

1992 y 1994 Luego de superar la crisis energética el comportamiento de la demanda tiende a recuperar una tendencia de crecimiento. De la situación afrontada en el periodo (1991-1992) queda como conclusión la vulnerabilidad en el que se encuentra el sistema de generación de electricidad del país. Como respuesta a dicho estado el Gobierno Nacional crea la ley 142 de 1992 servicios

públicos domiciliarios, la cual promueve y apoya a las empresas que prestan servicios públicos, incentiva la inversión de particulares desagrupando la participación, genera subsidios a la población de menos recursos, y estratifica los inmuebles residenciales. Así mismo, se establece la ley 143, ley eléctrica, caracterizada por establecer que la generación, interconexión, distribución y comercialización de energía eléctrica están orientadas a satisfacer una necesidad colectiva y primordial, razón por la cual debe ser considerada un servicio público. De forma adicional se crean unos estándares mínimos de calidad para la prestación de dichos servicios y obliga a la correcta asignación y utilización de recursos para garantizar el menor costo posible. [49] [51]

1994 y 1995 se observa una significativa diferencia entre el comportamiento de los datos presentado por IEA y Bariloche, específicamente en el año 1995. Mientras IEA reporta este año como parte de un crecimiento general presentado desde el año 1992, el comportamiento de los datos presentados por Bariloche exhibe una significativa reducción en la demanda, similar a la expuesta durante la crisis energética de 1992. Este periodo en especial se analizará con especial cuidado con el fin de determinar cuáles datos reflejan de una forma más precisa la realidad del país.

1996 y 1998 tanto en la serie de datos de Bariloche como la reportada por la IEA se aprecia una fuerte disminución de la demanda energética, con una pendiente de -34052,64 TJ/año y -5203,16 TJ/año respectivamente, en la serie correspondiente a la IEA se pasa de una demanda de 235.388,78 TJ a tan solo 167.283,59 en dos años. Lo anterior genera algunas dudas respecto a los valores reportados por la IEA en el periodo comprendido entre los años 1982-1996, los cuales tienen una mayor magnitud, a los reportados por Bariloche. A pesar de la diferencia en la magnitud del decrecimiento presentado por las fuentes de información, es evidente que en este periodo hubo una disminución en la demanda. Luego, en los años 1998-1999 Colombia afrontaba una de las peores crisis económicas de su historia debido principalmente al reajuste arancelario que buscaba incentivar las importaciones, pasando de un arancel del 43.7 % al 11.4 % aproximadamente, y a la liberación de cambios, eliminando de ésta manera el control de cambios de divisas monopolizado hasta entonces por el Banco de La Republica. Lo anterior ocasiono una reevaluación de la moneda.

Como medida preventiva para evitar la migración de capital el Banco de La Republica decidió aumentar la tasa interbancaria alcanzando un 43 % en el mes de septiembre de 1998. Éste aumento en la tasa de interés tuvo una fuerte repercusión en los hogares e industrias colombianas, generando que todo aquel que tuviera crédito no pudiera pagar, lo que a su vez generó una recesión empresarial aumentando el índice de desempleo. Sumado a lo anterior y gracias a la reciente descentralización de los recursos ordenada por la constitución de 1991, la creación de un nuevo sinnúmero de instituciones y a las elecciones democráticas de autoridades municipales disparó en gran el gasto público. Según cifras del DANE el cambio en el PIB de los años 1998 y 1999 fue de 0.56% y -4.2% respectivamente, lo que afecto de manera significativa la demanda energética en éste periodo afectando primordialmente al sector residencial que se vio obligado a reducir en gran parte sus gastos. [52] En este periodo se puede observar como el sector residencial presenta una gran reducción en la demanda relacionada con las condiciones económicas propias de la época. Al comparar este periodo con la crisis energética de 1992 se puede apreciar que el sector residencial

es más vulnerable a las condiciones socioeconómicas que a medidas gubernamentales, como el razonamiento de energía.

1999 y 2003 luego de superar la crisis energética de 1992 y la crisis económica de 1998-1999, la demanda energética del sector residencial presenta un crecimiento estable similar al presentado en el periodo 1980-1991. Así mismo, se pueden observar algunas fluctuaciones en el comportamiento las cuales pueden ser el reflejo de la oferta y demanda de alguno de los energéticos de mayor relevancia. Durante este periodo el gobierno nacional centra sus esfuerzos en la ampliación del sistema interconectado Nacional con el objetivo de garantizar la prestación del servicio en todo el territorio.

A continuación se analizarán las normas de mayor relevancia, en cuanto al sector energético se refiere, que fueron creadas en el periodo analizado. Fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas (FAZNI) Ley 633 de 2000). Este fondo se creó con el objetivo de financiar los proyectos presentados por las diferentes entidades territoriales o empresas prestadoras del servicio eléctrico en el país. El FAZNI recibía las propuestas técnicas y presupuestales para la energización de zonas no interconectadas (ZNI), analizaba su viabilidad y otorgaba los recursos financieros para que desarrollará el proyecto. [53]

Creación de fondo de apoyo financiero para energización de zonas rurales no interconectadas (FAER) mediante la ley 788 de 2001. La filosofía de creación de este fondo es similar a la del fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas, con la principal diferencia que este estaba orientado a las zonas no interconectadas del área rural. Dado que la incorporación a la red nacional de zonas rurales requería la construcción de nuevas redes eléctricas, el costo de los proyectos era significativamente alto. Con el fin de garantizar el bienestar de los usuarios se le otorgó a la UPME la función de vigilar los precios manejados por los operadores que llevaban a cabo el proyecto; en los casos donde el costo por KWh superara el costo medio vigente, se destinarían recursos del FAER para cubrir dichos sobrecostos. Adicionalmente la UPME puede abrir convocatorias para adelantar proyectos en zonas rurales no interconectadas. [54]

La ley 855 de 2003 definió legalmente las zonas no interconectadas (ZNI). Se definen las zonas no interconectadas como aquellas zonas correspondientes a pueblos, inspecciones o caseríos que no estén conectados al sistema interconectado nacional. Dando prioridad de inversión a las zonas de Orinoquia, Amazonas y Costa Pacífica. [55]

La Ley 697 de 2001 de uso racional y eficiente de la energía (URE) define el uso eficiente de la energía como un asunto de interés público mediante el cual busca asegurar el abastecimiento de energía todo el país de forma sostenible tanto económica como ambiental. Se promociona por primera vez el uso de energías alternativas, las cuales en principio son amigables con el medio ambiente.

El artículo de mayor relevancia de esta ley (artículo 2) orienta la utilización de la energía de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia, involucrando la totalidad del proceso de transformación de la energía. Partiendo del proceso de selección de la fuente de energía, transformación, transporte y comercialización, también hace hincapié en el hecho de utilizar al máximo toda la

energía involucrada en el proceso es decir minimizar al máximo los desperdicios energéticos, para lo cual se plantea la reutilización de recursos cuando sea posible (plantas termo generadoras) . [56]

Como se puede apreciar en las leyes anteriormente descritas el gobierno nacional hace un fuerte esfuerzo por ampliar el Sistema Interconectado Nacional (SIN) beneficiando directamente al sector residencial tanto en las zonas rurales como urbanas. Razón por la cual se espera que la demanda de energía eléctrica aumente en los siguientes años. También se espera que algunos energéticos como carbón o productos derivados del petróleo, cuya eficiencia energética no es la mejor, sean sustituidos por energéticos de mayor eficiencia tales como la energía eléctrica o gas domiciliario.

La apertura económica transformo a Colombia en un destino interesante para empresas multinacionales que encontraron un mercado interesante y poco explorado a nivel tecnológico. El periodo de crisis económica fue sucedido por una expansión económica y tecnológica, la más relevante en los últimos 50 años. Se genera un cambio en la estructura empresarial posicionando a las empresas minero-energéticas como las más fuertes del país seguidas por las empresas de telecomunicaciones las cuales se encontraban en auge, lo cual es un indicador de la importancia en cuanto a cambio tecnológico se venía presentado.

En el periodo comprendido entre 2006-2009 se encuentran los primeros datos reportados por el Balance Energético Nacional hecho por el grupo de la subdirección de demanda de la UPME. Los primeros registros son bastante bajos, en cuanto a magnitud, en comparación con los reportados por IEA y con el comportamiento que venía presentado la serie de Bariloche. Sin embargo al analizar de forma más detallada los datos que componen la serie presentada por el BECO se encuentra que los datos correspondientes a energía eléctrica se reportan desde el año 2008, lo cual puede explicar el comportamiento anteriormente descrito. El decrecimiento de la demanda presentado en el periodo 2008-2009 es consecuencia de la desagregación del sector terciario del sector residencial; la desagregación se presenta fundamentalmente en gas domiciliario, lo que evidentemente causará una aparente disminución en la demanda.

Es oportuno en este punto de la investigación hacer un análisis más detallado de la evolución tecnológica que se presentó en el país en el periodo analizado, para lo que consideramos la evolución de las siguientes tecnologías (computo, telefonía e informática) las cuales son las tecnologías que mayor cambio han presentado en las últimas décadas

Computo: La llegada de los primeros computadores al país se da en el año 1980 gracias a comercialización en Bogotá y Medellín, con una venta aproximada de 1000 unidades, de computadores RadioSharck, desarrollados por Tandy Corporation, comercializados por la empresa Microtec. Los principales clientes de estos primeros computadores fueron empresas las cuales encontraban atractivo los software de gestión. Años más tarde también llegarían al país marcas como Apple e IBM. El modelo de mercado permitía traer un computador de EEUU e instalarle un Software desarrollado en el país con el cual las empresas podían llevar un control detallado de sus finanzas generando el surgimiento de diversas empresas destinadas a la creación de Software en el país. La cual no dudaría mucho tiempo. Gracias a la apertura económica empresas multinacionales

abarcaron el mercado con Software proveniente de EEUU y Europa a bajo costo y con una interfaz más amigable con los usuarios.

Así como la apertura económica tuvo efectos negativos en el área del cómputo también generó un efecto que beneficiaría notablemente la propagación de los computadores poniéndolos al alcance del sector residencial, penetro el mercado de los estratos medios y bajos, gracias a la liberación de la patente de IMB en 1990 era posible traer diferentes piezas de computo de Asia y ensamblarlas de forma artesanal en el país a un precio significativamente menor al que los computadores que comercializaban grandes marcas. En 2006 se emite la Ley 1111 mediante la cual se eliminaba el IVA, impuesto de valor agregado, a los equipos de cómputo cuyo valor comercial no excediera los dos millones de pesos causando que grandes compañías de consumo importaran computadores de marcas globales a precios competitivos con el mercado nacional, dado que fueron grandes compañías las que importaron dichos equipos se abrió la posibilidad de vender los equipos a crédito, de esta manera los computadores estuvieron luego de 26 años al alcance de todos. [57]

Telecomunicaciones: En 1985 en Colombia había aproximadamente dos millones de teléfonos, cifras que al ser comparada con el número total de líneas de telefonía en la actualidad es insignificante, las cuales eran operadas y administradas en su mayoría por TELECOM, empresa nacional de telecomunicaciones, quien además era la única empresa que administraba las comunicaciones por voz a larga distancia. Gracias a la ley 1900 de 1990 mediante la cual el Gobierno Nacional permitía la participación de entes privados en el sector de las telecomunicaciones se generó de esta manera el desarrollo de una competencia corporativa para prestar el servicio. En 1993 se autoriza el ingreso de operadores de telefonía móvil, telefonía celular, los cuales pasaron a abastecer, atendiendo el 108% de la demanda nacional. La entrada de esta nueva tecnología al mercado permitió la llegada de las telecomunicaciones a hogares ubicados en áreas geográficas donde la tecnología anterior hubiera tardado muchos años en llegar.

Uno de los primeros teléfonos en ser altamente comercializados fue el Nokia 5120 el cual pesaba quinientos gramos y tenía grandes dimensiones, comparadas con los teléfonos comercializados actualmente, seguido por el Nokia 1100 que llegó a vender 435 millones de unidades, a nivel global para el año 2003, y abarcaba aproximadamente el 53% de la demanda nacional. [58] [59] Pasamos tener aproximadamente dos millones de cuentas en 1985 a cincuenta y cinco millones de cuentas en 2014. [60]

Informática: En 1990 TELECOM desarrolla la red Coldapaq mediante la cual se puede ingresar a una red pública o privada mediante una línea telefónica, los primeros en emplear esta red fueron entre otros la Universidad de los Andes y la Universidad del Valle. El uso en estos años de internet se limitaba al ejercicio académico. Fue hasta el año 2000 con el desarrollo de portales WEB, como Terra y Smartmedia, en paralelo con la evolución de los equipos de cómputo la era informática permeó el mercado nacional generando una migración de los medios de comunicación a este sector.

Como respuesta a este fenómeno el Gobierno Nacional ha puesto en marcha diferentes estrategias para ampliar la cobertura de internet en todo el territorio nacional, partiendo de la Agencia de la conectividad del gobierno de Andres Pastrana hasta llegar al plan Vive Digital del gobierno de Juan

Manuel Santos. En 2014, Colombia llegó a 9.89 millones de conexiones a internet de banda ancha, internet fijo de velocidad igual o superior a 1.024 Kbps e internet móvil tres y cuatro G. [60]

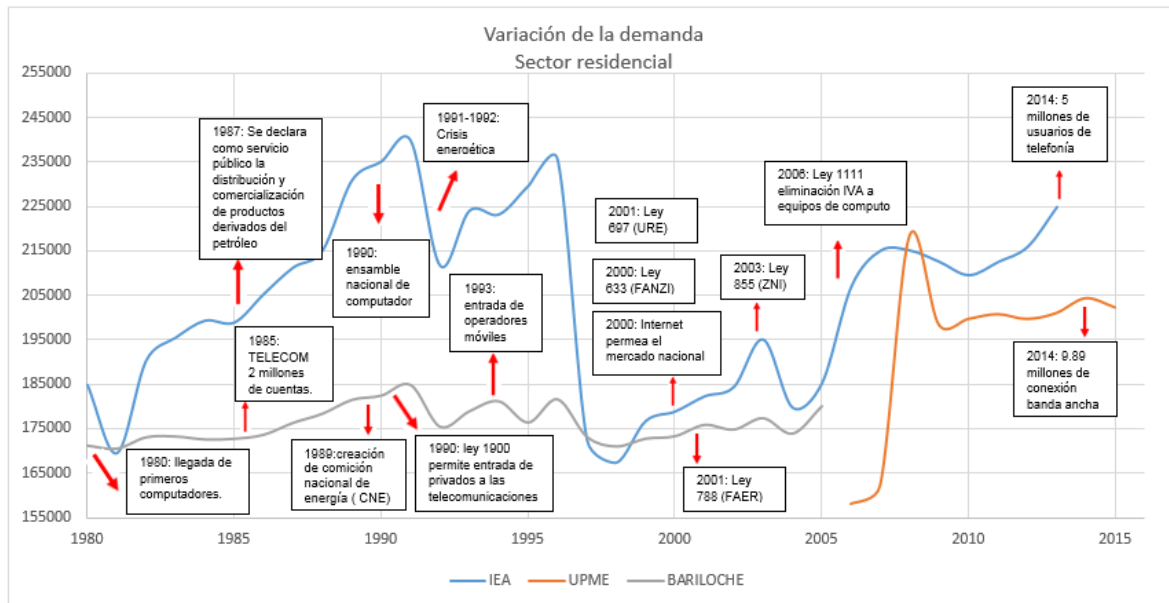
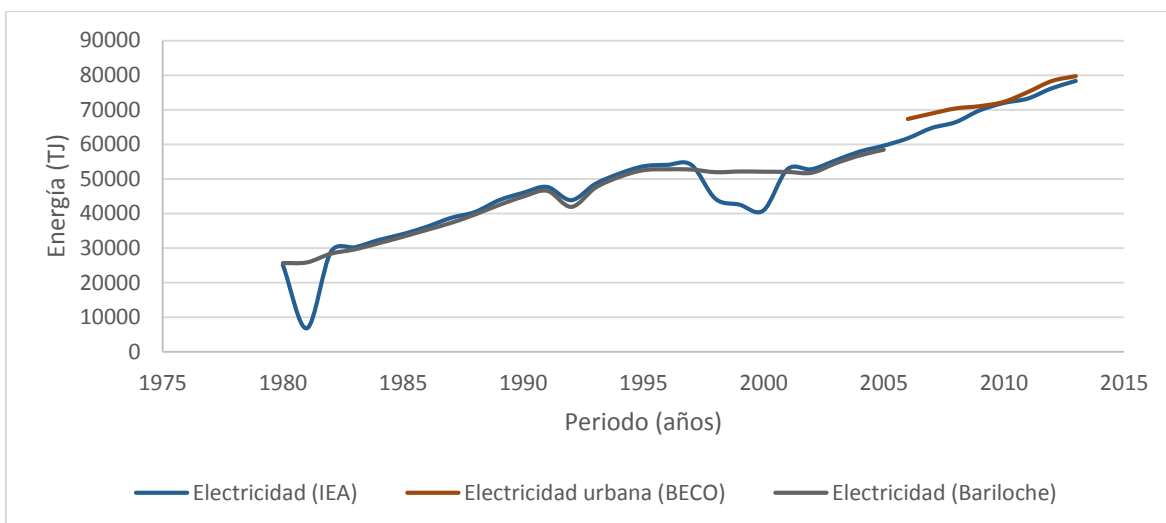


Figura 190 Variación de la demanda de energía debido a fenómenos socioeconómicos y políticos  
Fuente: Elaboración propia a partir de revisión bibliográfica.

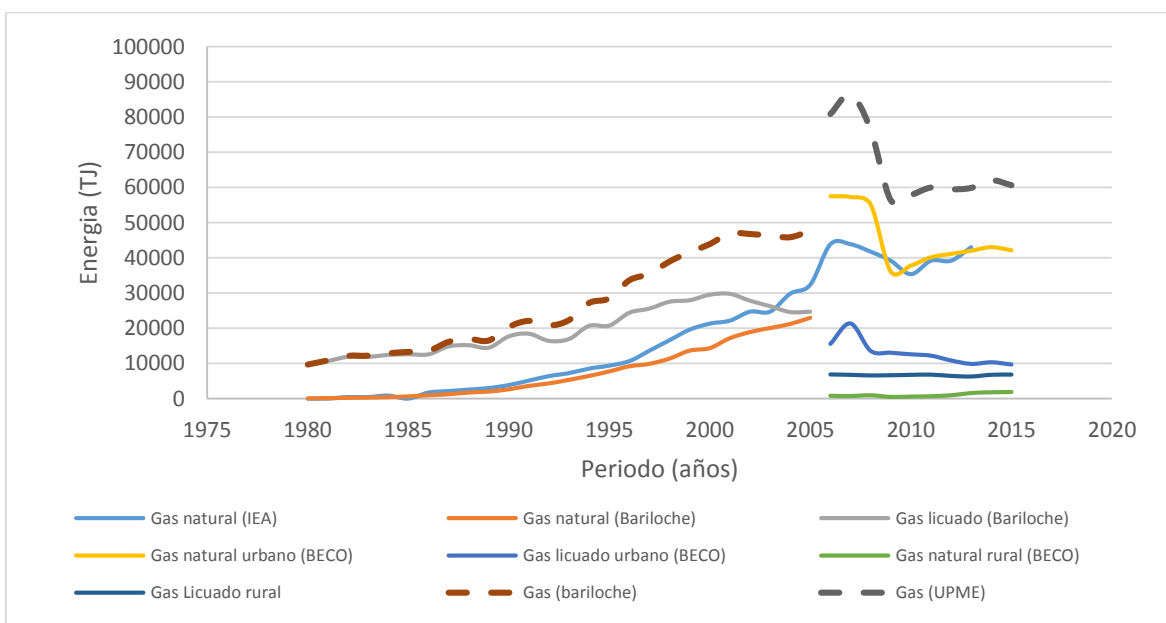
Como hemos visto a lo largo de esta investigación la demanda energética del sector residencial, expuesto en la Figura 190, ha variado en función de eventos externos como lo son el clima, que ha llevado al país a generar un cambio tecnológico en cuanto a sistemas de generación de energía se refiere (Figura 5). Así mismo, la demanda ha estado influenciada por tendencias de globalización referentes al desarrollo de sistemas de comunicación las cuales han ayudado en gran parte al desarrollo de tecnológico del país, frente a las cuales el Gobierno Nacional ha estipulado diferentes medidas para garantizar una competencia justa y tecnología que ha ayudado a proliferar con el objetivo de garantizar un mejor calidad de vida en gran parte de los hogares Colombianos.

La demanda de energía eléctrica en el sector residencial ha tenido un comportamiento creciente durante la mayor parte del periodo analizado de acuerdo al reporte de la IEA, Bariloche y BECO. Se aprecia una diferencia significativa en el comportamiento de la serie de Bariloche con respecto a la serie de IEA en los años 1997-2001 Figura 191. La serie de IEA presenta una fuerte disminución en la demanda de energía eléctrica, lo cual concordaría con la crisis económica analizada previamente, mientras que la serie de Bariloche presenta un estancamiento en la demanda. Se analizará con especial atención el mismo periodo en otros energéticos para determinar la veracidad del comportamiento de la serie de Bariloche.



*Figura 191 Variación de la demanda energética eléctrica - 1980-2015*  
Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA

El cambio tecnológico hace que a partir del año 2001 se incremente la demanda de electricidad en el sector residencial. Sin embargo al analizar detalladamente los datos suministrados por BECO se observa que aunque no se incluyen datos de las zonas rurales la magnitud de las cifras son superiores a las reportadas por IEA y Bariloche, lo que permite suponer que dicho sector tampoco fue tenido en cuenta por estas fuentes. En el análisis desarrollado para los periodos 1999-2003 se enuncian los diferentes esfuerzos llevados a cabo por el Gobierno Nacional para ampliar el Sistema Interconectado Nacional, por lo que el no tener datos referentes al sector rural no permite llevar a cabo el análisis del efecto o eficacia de dichas leyes.



*Figura 192 Variación de la demanda gas (natural y licuado del petróleo) - 1980-2015*



Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA

En la Figura 192 se observa que los valores iniciales reportados por la UPME presentan una diferencia de 33.150,7 TJ y 37.094,6 con las series de Bariloche e IEA respectivamente. Lo cual se debe, como se enunció previamente en la parte inicial de esta investigación, a que los datos reportados por BECO inicialmente tomaban como parte del sector residencial al sector terciario y a partir del 2009 se desagregó dicho subsector. De acuerdo a lo anterior, los datos reportados por Bariloche tienen concordancia con los datos reportados por BECO mientras que la serie correspondiente a la IEA presenta valores cuya magnitud es baja en comparación con las otras fuentes, sin embargo su tendencia es similar. Gracias a la segregación por parte de la UPME es posible evidenciar que el sector residencial del área rural no demanda grandes cantidades de gas (licuado o natural) Figura 192. Los biocombustibles en el sector residencial están representados básicamente por la leña empleada en la cocción de alimentos. Como resultado de la segregación realizada por BECO se puede apreciar que la leña es utilizada en mayor medida áreas rurales en comparación con el consumo en zonas urbanas Figura 193.

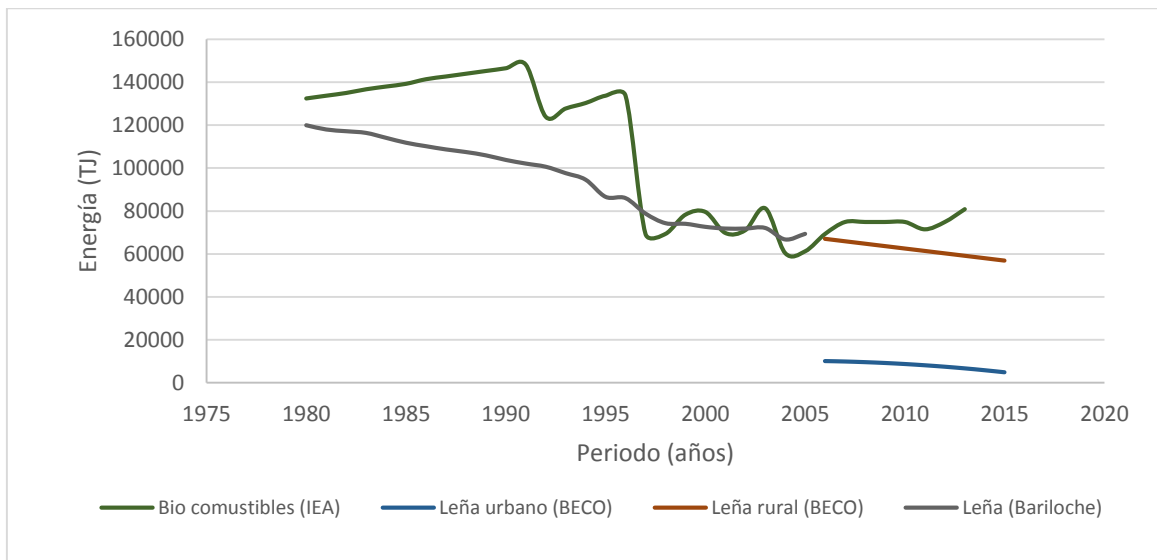


Figura 193 Variación de la demanda de leña - 1980-2015

Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA



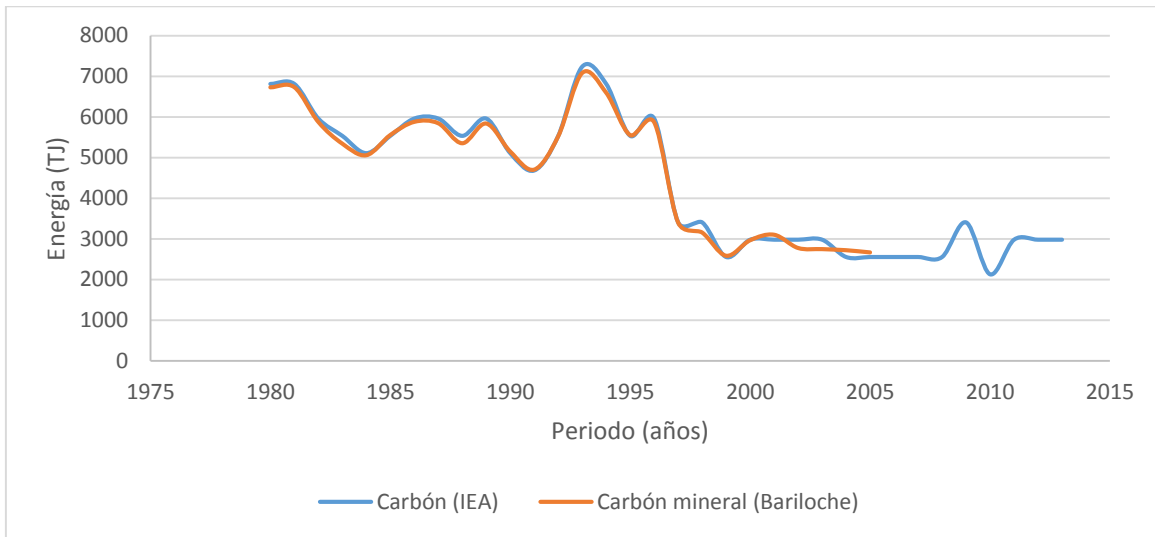


Figura 194 Variación de la demanda de carbón - 1980-2015  
Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA

Como se puede apreciar en la Figura 194 la magnitud de la demanda de carbón mineral en el sector residencial es baja en comparación con la demanda de energía eléctrica, biocombustibles y derivados del petróleo. Razón por la cual su comportamiento no generará cambios significativos en la demanda global del sector residencial. El BECO no incluye datos relacionados con el consumo de carbón mineral en el sector residencial debido a la dificultad de conocer datos confiables y a la presunta eliminación de este combustibles como fuente de energía para este sector.

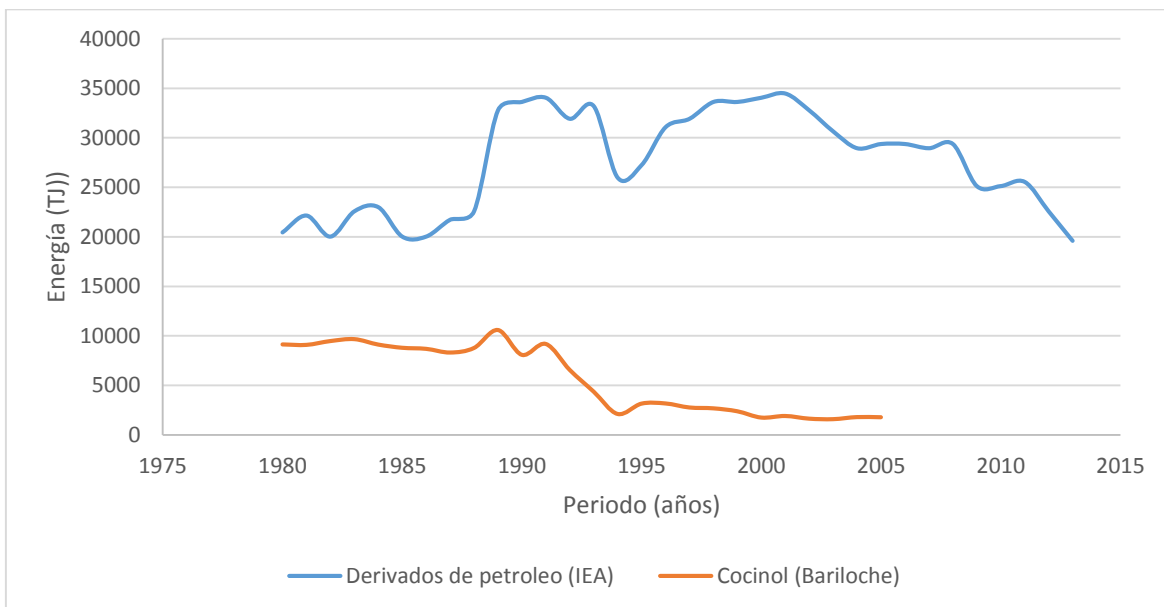


Figura 195 Variación de la demanda de derivados del petróleo - 1980-2015  
Fuente: Elaboración propia, datos BECO 1980-2005, BECO 2005-2015 e información IEA

En la Figura 195 podemos apreciar que Bariloche solo reporta como derivado del petróleo el Cocinol, el cual es similar a la gasolina y es empleado para la cocción de alimentos, en el mercado se encontraban estufas que funcionaban a partir de este derivado del petróleo. Inicialmente se aprobó el uso de Cocinol en el país con el fin de favorecer a la población de bajos recursos ya que éste combustible se encontraba fácilmente en cualquier zona del país y el precio en el mercado, tanto para el Cocinol como para los equipos que funcionaban el mismo, eran lo suficientemente bajos como para ser usado por toda la población.

Sin embargo el gobierno se vio obligado a retirarlo del mercado debido al alto índice de accidentes, de quemaduras de personas e incendios en viviendas que acusa la manipulación de dicho combustible al ser altamente volátil. Lo anterior se ve reflejado de manera más precisa en la serie de Bariloche la cual muestra una disminución de la demanda a partir del año 1993, año en el cual se alcanzó el mayor número de víctimas de quemaduras por Cocinol [61] y permanece bajo hasta su desaparición. Es necesario conocer si los datos de la IEA incluyen otro derivado del petróleo, además del Cocinol, que puede explicar el comportamiento presentado en el periodo comprendido entre los años 1994-2001.

#### 7.5.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector residencial a nivel nacional

En la sección 7.5.1 se analizó la variación de demanda de energía analizando los diferentes acontecimientos sociopolíticos y económicos que dieron lugar a dicha variación teniendo como unidad de comparación, energía expresada en terajulios. En esta sección se analizará la variación de la demanda de energía desde un enfoque económico.

El análisis de la variación del gasto económico asociada a energía se basará en la información suministrada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), referente al gasto económico que el sector residencial ejecuta.

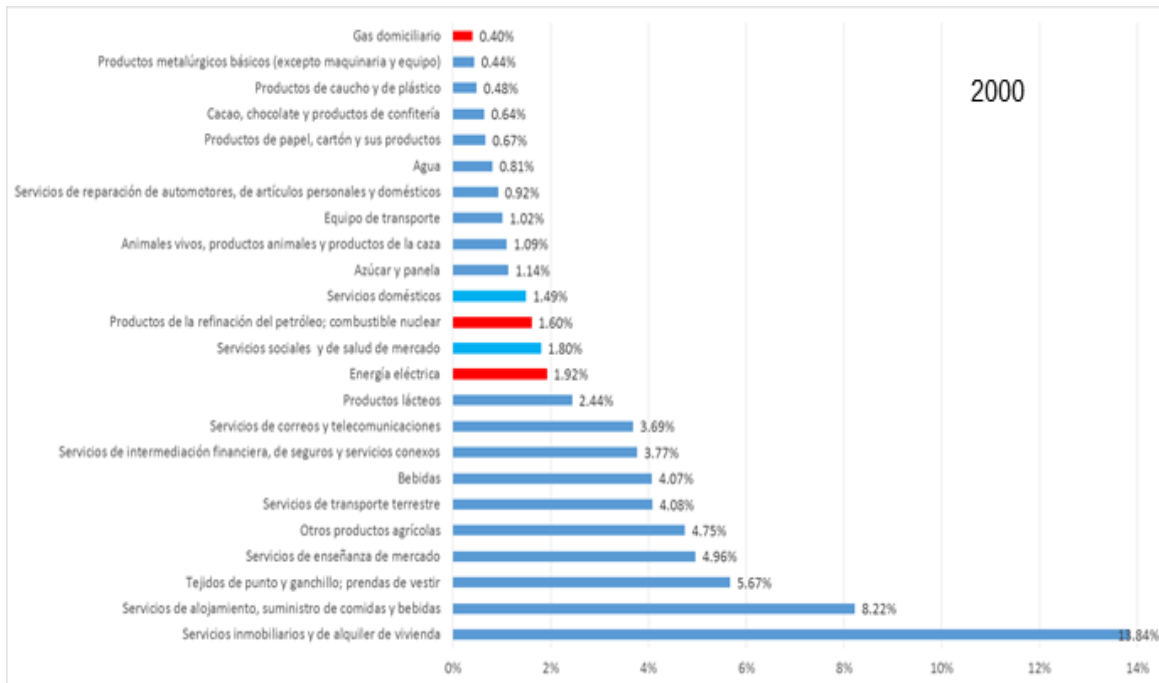


Figura 196 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2000  
Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE año 2000

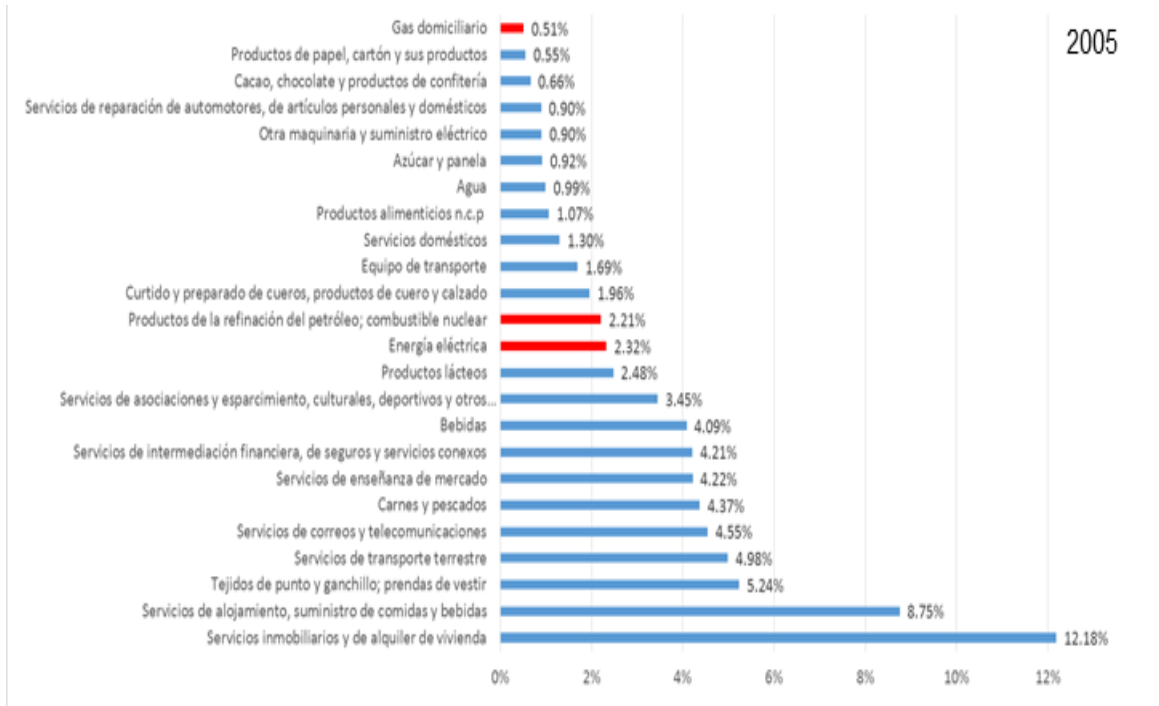


Figura 197 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2005  
Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE año 2005

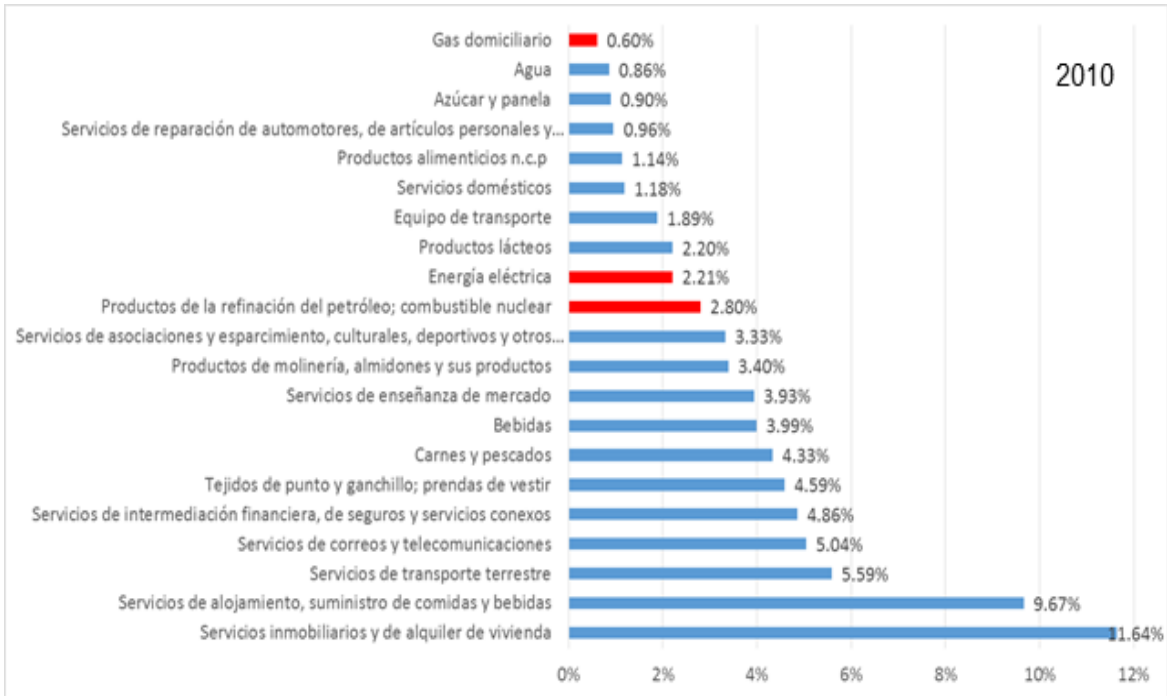


Figura 198 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2010  
Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE año 2010

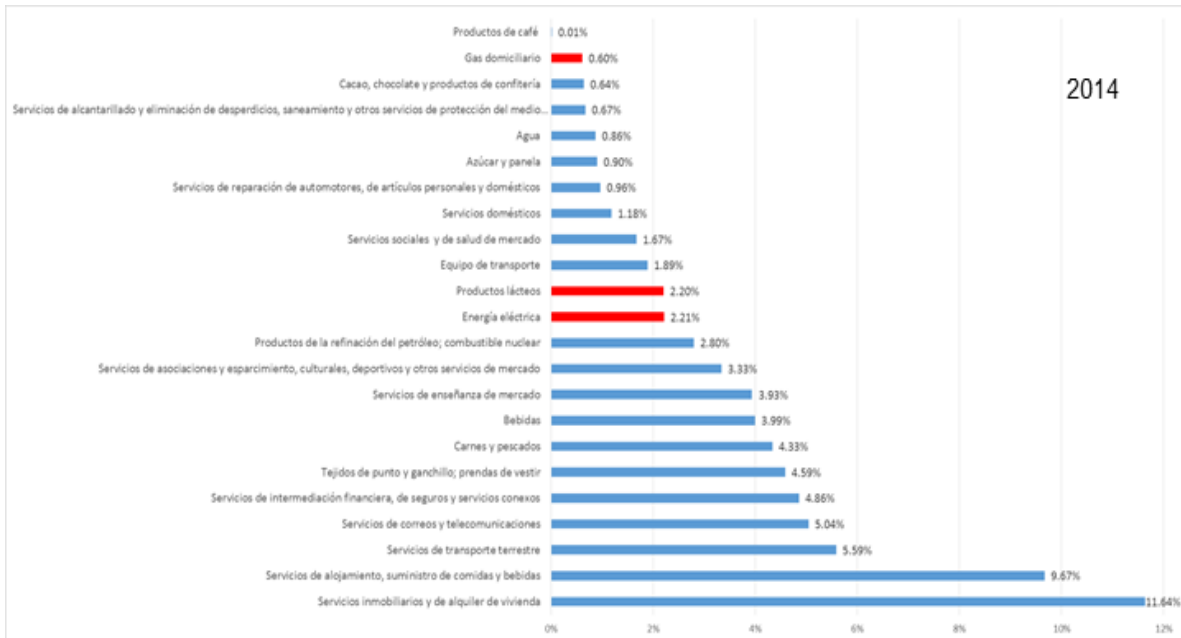


Figura 199 Peso porcentual de las diferentes actividades en el gasto económico del sector residencial año 2014  
Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE año 2014

En la Figura 196-Figura 199 los servicios que mayor gasto económico presentan son los relacionados con actividades inmobiliarias, seguido de los servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas, con un peso porcentual aproximado de 13.87 % y 9,67 %, respectivamente.

En cuanto a demanda de energéticos se halla que el suministro de energía eléctrica es la actividad o servicio que mayor peso porcentual presenta, 2,20 % lo que equivale a aproximadamente a 10.000 miles de millones de pesos, para el año 2014. La energía eléctrica es uno de los principales energéticos empleados en el sector residencial debido a su estrecha relación con el funcionamiento de luminarias y electrodomésticos que hacen parte fundamental de una vivienda promedio colombiana. El gasto capital derivado del consumo de productos derivados del petróleo tiene el segundo peso porcentual de mayor relevancia, en cuanto a demanda de energía se refiere, en la evolución del peso porcentual que ocupan estos productos se puede apreciar cómo evoluciona de un 1,4 % en la Figura 196 a un 2,8 % (Figura 199) , duplicando la participación porcentual y superando al suministro de energía eléctrica. Es importante aclarar que el dato de demanda de productos derivados del petróleo por el sector residencial tiene en consideración el consumo de combustible para el uso relacionado a la fuerza motriz, combustible demandado por los carros particulares.

En la Figura 200 y Figura 201 se observa como el gasto económico así como el peso porcentual de los productos derivados del petróleo a partir del año 2005 superan al gasto y participación correspondiente al suministro de energía eléctrica. Sin embargo como se expuso en el desarrollo de la sección 7.5.1 la demanda de energía eléctrica es superior a la demanda de los demás energéticos analizados. Lo que lleva a concluir que fenómeno de superación de los productos derivados del petróleo al suministro de energía eléctrica se debe principalmente al diferencial de precios existente entre estos dos energéticos.

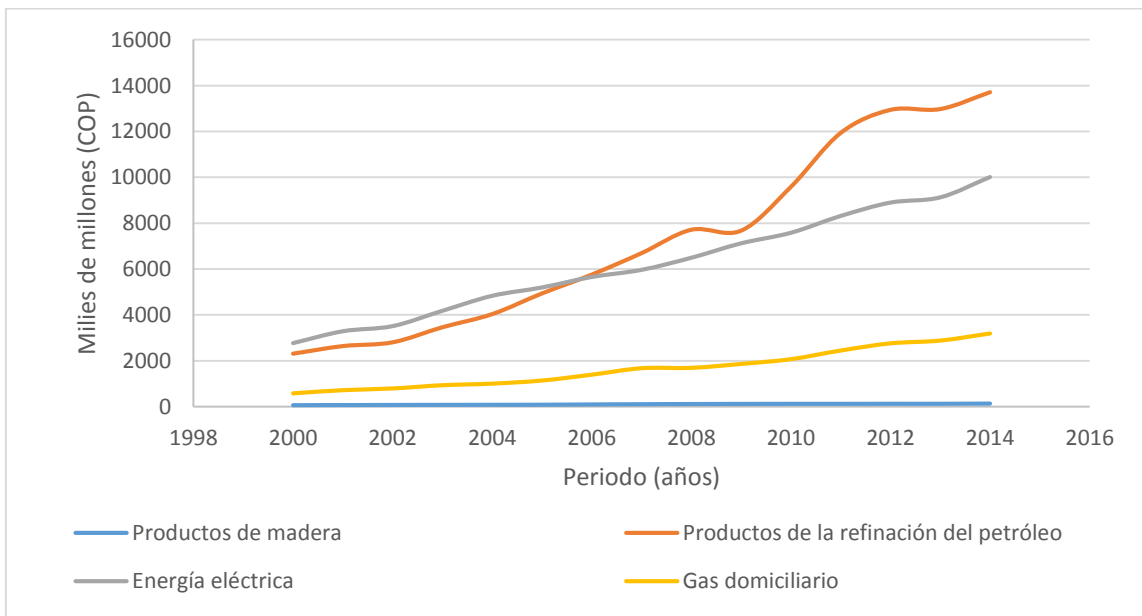


Figura 200 Variación del gasto económico relacionado a la demanda de energía, sector residencial  
Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE 2000-2015

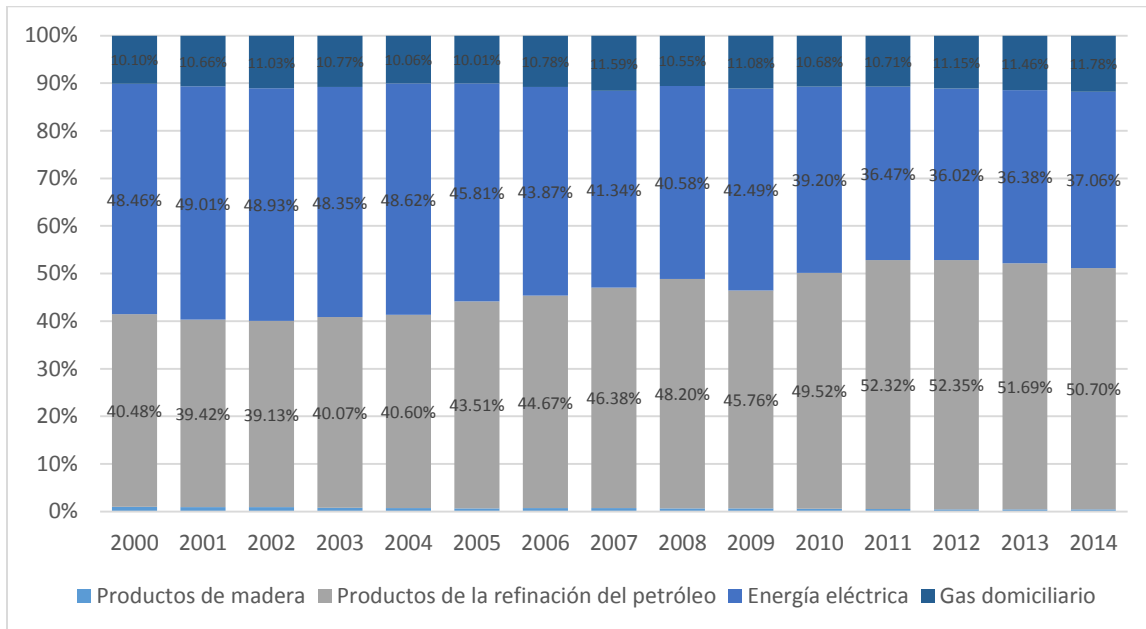


Figura 201 Variación del peso porcentual relacionado a la demanda de energía, sector residencial

Fuente: Elaboración propia, datos matriz insumo producto DANE 2000-2015.

Si se compara la demanda de energía correspondiente a leña expuesto en la Figura 193 con el gasto económico reportado en la Figura 201y Figura 200. Se podrá apreciar que la alta demanda de energía, TJ, no está relacionada con el gasto económico debido al bajo o inexistente precio de adquisición de la leña.

### 7.5.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector residencial con el contexto internacional

Identificar las actividades en las cuales el sector residencial tiene un mayor gasto económico, junto con la elaboración de la cadena de valor, permite conocer las operaciones propias del sector así como los diferentes equipos empleados para llevarlas a cabo. Esto permite identificar los procesos en los que se puede dar de forma más significativa un cambio tecnológico, así como la construcción de políticas orientadas al mejoramiento en la calidad de vida de los hogares colombianos. En lo referente a la matriz insumo producto del sector residencial se tomaron los datos de oferta y demanda del año 2011 en millones de dólares, reportado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con el objetivo de determinar su comportamiento económico a nivel nacional e internacional, identificando las actividades en las que se presenta mayor gasto económico y paralelamente se analiza el comportamiento de las principales actividades económicas relacionadas con energía como lo son: Madera y productos de madera y corcho, coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, electricidad, gas y agua.

El criterio de selección de los países analizados busca generar un grupo de comparación en el cual los principales usos finales de energía como refrigeración, generación de calor, iluminación y acondicionamiento de espacios, varían en función de su cultura, ubicación geográfica y comportamiento económico. Dado que la matriz energética de un país se basa en los recursos disponibles, se analizó si el gasto económico en las actividades relacionadas con energía varía como

consecuencia de la conformación de la matriz energética o si el comportamiento es similar en diferentes países. Inicialmente se analizó el comportamiento del sector residencial colombiano y posteriormente se comparó con los países seleccionados. Es importante resaltar que el sector residencial, a diferencia de otros sectores analizados, demanda una serie de productos y servicios con el objetivo de satisfacer sus necesidades básicas como vivienda, alimentación y transporte, así como para aumentar su bienestar y calidad de vida sin generar un producto tangible o de interés para otro sector. El sector residencial demanda recursos y servicios sin ofertar ningún artículo. A continuación se presentan el comportamiento del sector residencial colombiano:



Figura 202 Matriz insumo producto Colombia, 2011

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto OECD

Tabla 46 Principales actividades económicas, matriz insumo producto Colombia 2011

Actividad Económica	Millones (USD)	Porcentaje de la actividad económica respecto al gasto total del sector residencial
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	32,521	13%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	28,430	11%
Comercio mayorista y minorista, reparación	20,964	8%
Actividades inmobiliarias	21,502	8%
Educación	18,546	7%
Transporte y almacenamiento	13,649	5%
<b>Gasto económico total del sector residencial ( Colombia)</b>	<b>257,040</b>	<b>52%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo OECD

Como se puede apreciar en la Figura 202 el sector residencial tiene un gasto económico en aproximadamente 35 actividades. En la Tabla 46 se listan las seis (6) actividades económicas que mayor gasto económico presentan, con un peso porcentual aproximado del 50% del gasto total de actividades correspondientes al sector residencial. Lo anterior evidencia una concentración del gasto en actividades definidas.

En la Tabla 46 se aprecia que la actividad que mayor gasto económico presenta está relacionada con la administración pública y defensa. Dicha actividad se asocia a la contribución que el sector residencial hace al gasto público relacionado con la seguridad estatal, mediante el pago de impuestos destinados a tal fin. Para comprender porque esta actividad tiene un mayor gasto que actividades propias del sector residencial, como lo son la vivienda o la alimentación, se debe tener en cuenta la magnitud del gasto que genera el conflicto armado para el país. Según las cifras emitidas por el Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (IndePaz) y la agencia de Comunicaciones para la Paz (Acpaz) el presupuesto militar ejecutado en un año llega a los 7,6 billones de pesos (COP) lo que equivale aproximadamente a 22,000 millones de pesos (COP) al día [62].

El nivel de participación de la actividad correspondiente a administración pública y defensa en el gasto económico nacional se da por las condiciones de orden público en Colombia, país que tiene uno de los conflictos armados más longevos del mundo. El gasto en esta actividad se da por el establecimiento de políticas públicas, sin embargo no corresponde a una actividad propia del sector residencial. Es evidente que la evolución del conflicto armado en el país juega un papel fundamental para la transformación del gasto del sector, así como el aumento del bienestar y la calidad de vida.

A continuación se presenta el gasto económico en actividades relacionadas con energía como: Madera y productos de madera y corcho, coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, electricidad, gas y agua.

Tabla 47 Gasto económico en actividades relacionadas con demanda de energía, matriz insumo producto 2011

Actividad Económica	Millones (USD)	Porcentaje de la actividad económica respecto al gasto total del sector residencial
Madera y productos de madera y corcho	64	0.03%
Coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	5,846	2.27%
Electricidad, gas y agua	7,631	2.97%

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo OECD



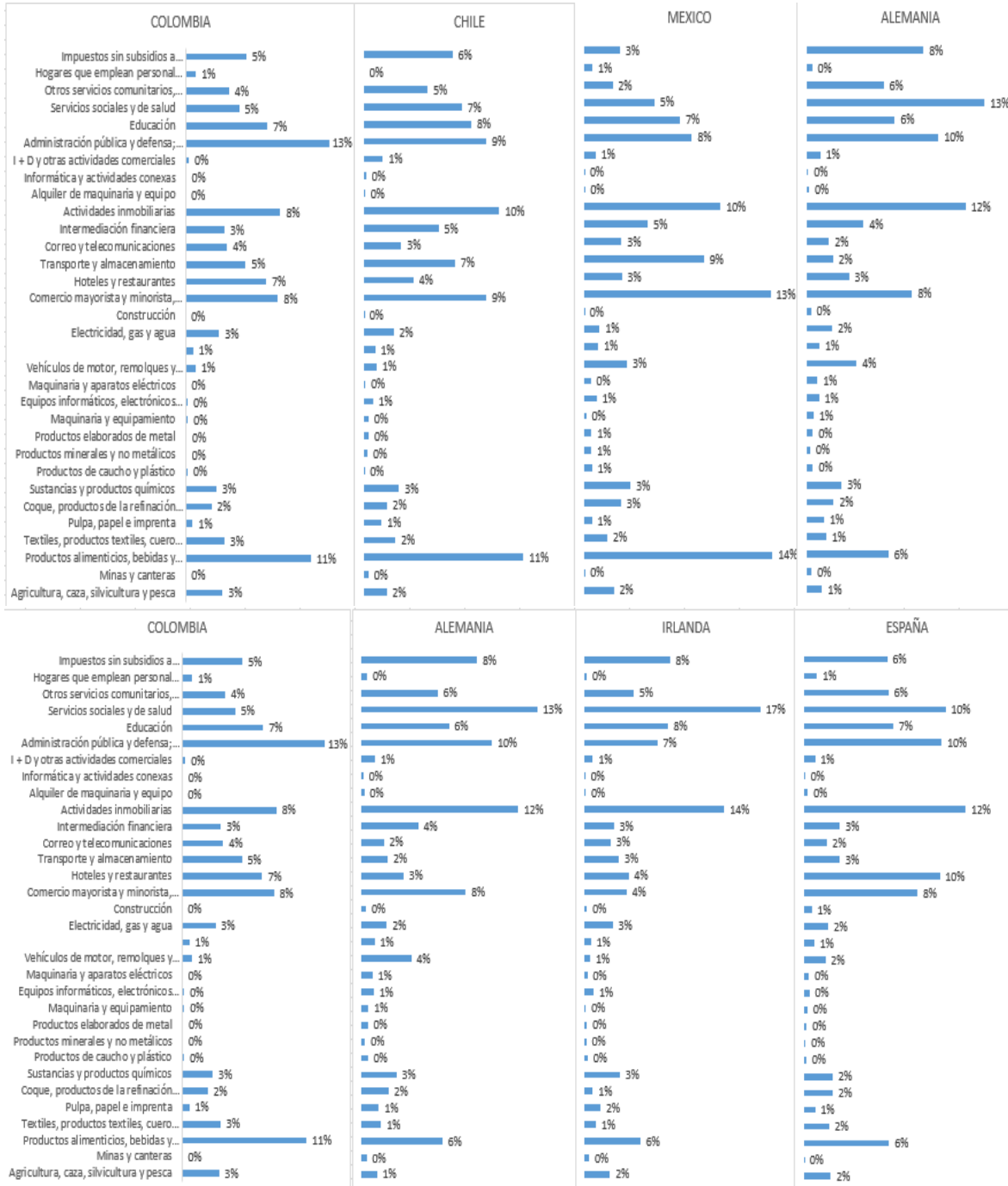
En la Tabla 47 se aprecia que el suministro de agua, electricidad y gas es la actividad que mayor gasto tiene, lo cual al es coherente con lo el nivel de consumo reportado por el Balance Energético Nacional (BECO) en el cual se reporta que la electricidad y el gas natural son los energéticos de mayor demanda. El gasto asociado a madera y productos de madera y corcho es significativamente bajo, respecto a otras actividades relacionadas con energía y en general con todas las actividades listadas en la Figura 202, lo cual posiblemente es consecuencia del bajo costo que tiene para el sector residencial la explotación de la madera con fines de generación de calor, aun cuando en el BECO se refleja que el consumo de madera para la generación de calor, entendido como cocción, es significativamente alto siendo superior al nivel de demanda de gas natural. La participación total de las actividades relacionadas con energía y listadas en la Tabla 47 es de aproximadamente el 5 % del gasto total del sector, siendo relativamente bajo si se compara con las actividades listadas en la Tabla 46 donde la actividad correspondiente a transporte tiene el mismo peso porcentual.

Lo anterior permite apreciar que las actividades relacionadas con energía no representan un gasto económico alto, debido principalmente a las políticas gubernamentales que establecen el suministro de servicios como agua, electricidad, gas y productos derivados del petróleo como servicios básicos y cuya distribución debe estar garantizada, y los precios están regulados por el Estado. [63] [64]

La información hallada mediante el análisis de la matriz insumo producto de 2011 para Colombia ha sido de gran importancia, ya que permite entender y caracterizar un poco mejor el comportamiento del sector residencial, identificando las actividades donde se centra el principal gasto y cómo las condiciones externas como el orden público afectan la distribución económica en las diferentes actividades analizadas.

En dicho análisis también se evidencia que el gasto en actividades relacionadas con energía es relativamente bajo, lo cual contribuye de forma negativa en la formación de una cultura de ahorro y eficiencia energética.

Ahora se compara el comportamiento del sector residencial colombiano con el comportamiento del sector residencial de los países seleccionados; España, Alemania, Corea, México, Israel, Singapur, Chile e Irlanda.



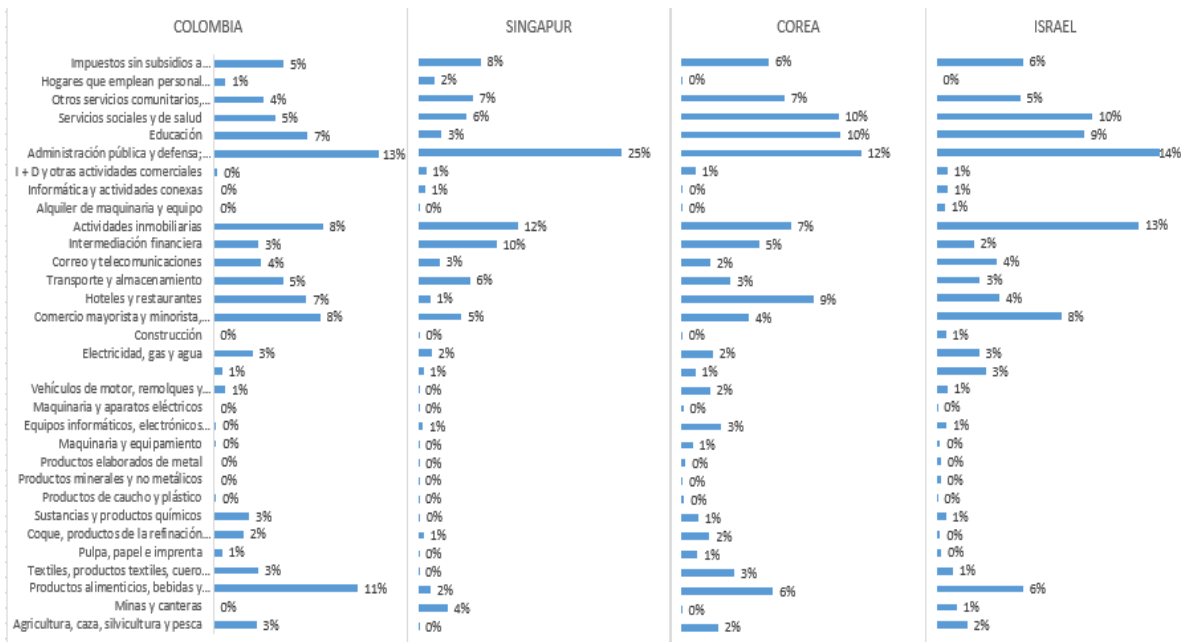


Figura 203 Comparación gasto económico por países, matriz insumo producto 2011  
Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto OECD

En la Figura 203 se presenta el comportamiento del gasto económico del sector residencial en los diferentes países analizados; de forma similar a lo presentado en la Figura 202 se aprecia que el gasto se centra en actividades puntales, entre las que se encuentran la adquisición y consumo de productos alimenticios, bebidas y tabaco; actividades inmobiliarias; comercio mayorista y minorista; educación, entre otros.

Con el fin de ilustrar la concentración del gasto en actividades específicas y comunes en el sector residencial de todos los países analizados, se sobrepone la Figura 203 y se obtiene lo siguiente:

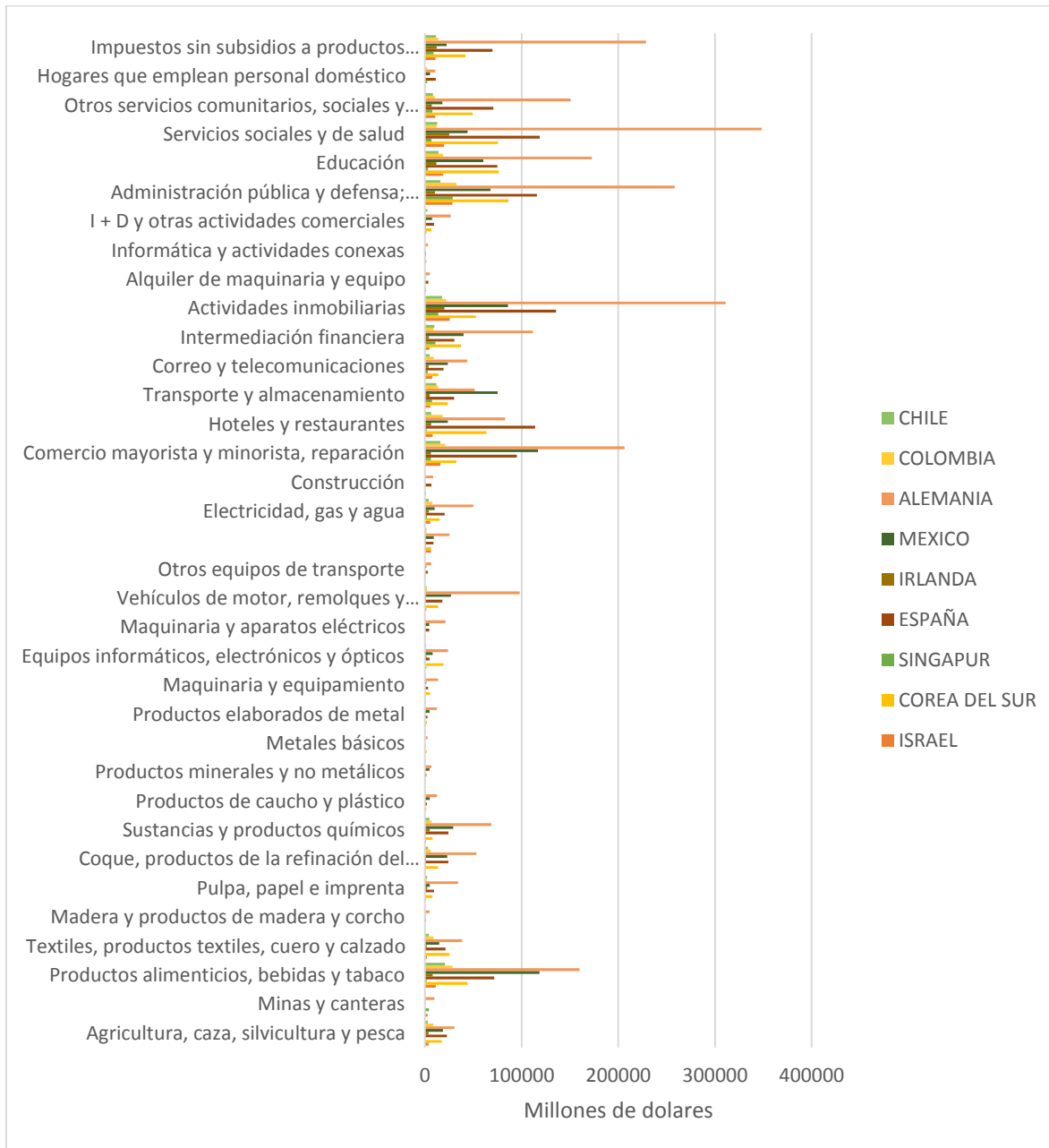


Figura 204 Identificación de gastos comunes en los países analizados, matriz insumo producto 2011

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto OECD.

En la Figura 203 y Figura 204 se aprecia que el sector residencial presenta un comportamiento similar, evidenciando patrones en común a pesar de las variaciones existentes en los diferentes países. En Figura 204 se aprecia que el grupo de países seleccionados presenta una importante variación en cuanto a la magnitud del gasto económico del sector residencial, como se presenta a continuación.

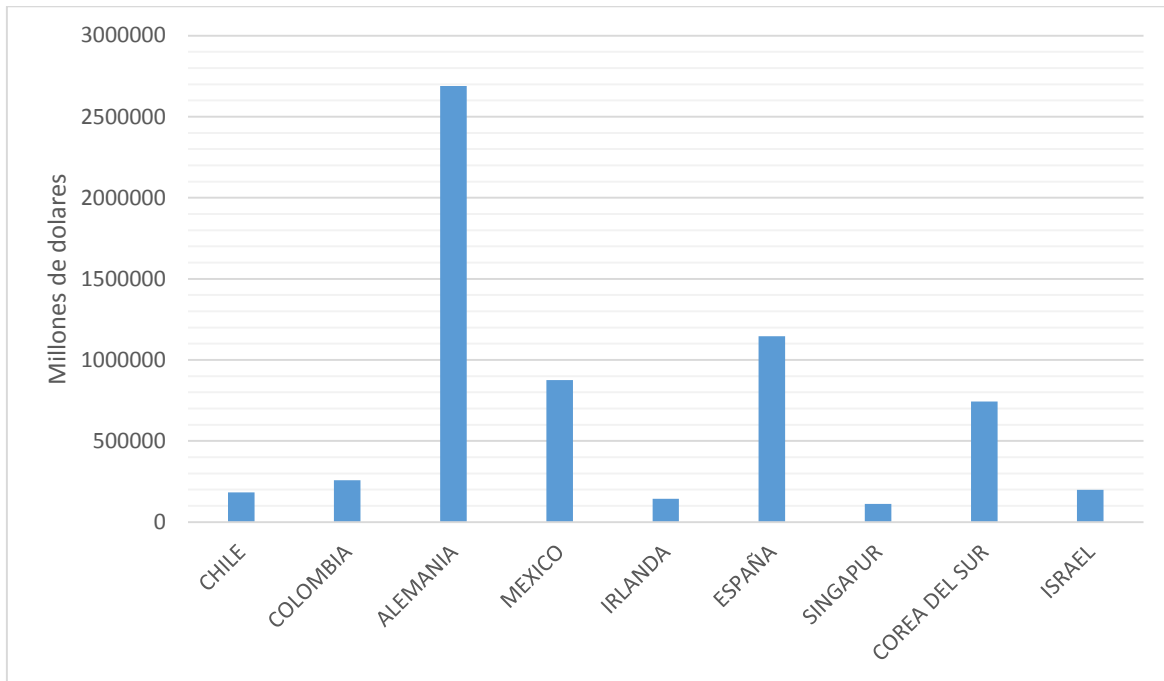


Figura 205 Gasto económico total del sector residencial por país, matriz insumo producto 2011  
Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto OECD.

Con el objetivo de realizar una comparación en la que la variación del gasto económico presentado en Figura 205 no altere los resultados finales, se realiza una comparación del porcentaje de participación de las diferentes actividades analizadas.

Tabla 48 Porcentaje de actividad según participación en el gasto económico total.

	Chile	Colombia	Alemania	México	Irlanda	España	Singapur	Corea del Sur	Israel
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	2%	3%	1%	2%	2%	2%	0%	2%	2%
Minas y canteras	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	1%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	11%	11%	6%	14%	6%	6%	2%	6%	6%
Textiles, productos textiles, cuero y calzado	2%	3%	1%	2%	1%	2%	0%	3%	1%
Pulpa, papel e imprenta	1%	1%	1%	1%	2%	1%	0%	1%	0%
Coque, productos de la refinación del petróleo	2%	2%	2%	3%	1%	2%	1%	2%	0%

	Chile	Colombia	Alemania	México	Irlanda	España	Singapur	Corea del Sur	Israel
y combustible nuclear									
Sustancias y productos químicos	3%	3%	3%	3%	3%	2%	0%	1%	1%
Productos de caucho y plástico	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Productos minerales y no metálicos	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Productos elaborados de metal	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Maquinaria y equipamiento	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	1%	0%	1%	1%	1%	0%	1%	3%	1%
Maquinaria y aparatos eléctricos	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	1%	1%	4%	3%	1%	2%	0%	2%	1%
Industrias manufactureras; reciclaje	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	3%
Electricidad, gas y agua	2%	3%	2%	1%	3%	2%	2%	2%	3%
Construcción	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
Comercio mayorista y minorista, reparación	9%	8%	8%	13%	4%	8%	5%	4%	8%
Hoteles y restaurantes	4%	7%	3%	3%	4%	10%	1%	9%	4%
Transporte y almacenamiento	7%	5%	2%	9%	3%	3%	6%	3%	3%
Correo y telecomunicaciones	3%	4%	2%	3%	3%	2%	3%	2%	4%
Intermediación financiera	5%	3%	4%	5%	3%	3%	10%	5%	2%
Actividades inmobiliarias	10%	8%	12%	10%	14%	12%	12%	7%	13%

	Chile	Colombia	Alemania	México	Irlanda	España	Singapur	Corea del Sur	Israel
Alquiler de maquinaria y equipo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Informática y actividades conexas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%
I + D y otras actividades comerciales	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	9%	13%	10%	8%	7%	10%	25%	12%	14%
Educación	8%	7%	6%	7%	8%	7%	3%	10%	9%
Servicios sociales y de salud	7%	5%	13%	5%	17%	10%	6%	10%	10%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	5%	4%	6%	2%	5%	6%	7%	7%	5%
Hogares que emplean personal doméstico	0%	1%	0%	1%	0%	1%	2%	0%	0%
Impuestos sin subsidios a productos intermedios y finales	6%	5%	8%	3%	8%	6%	8%	6%	6%

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto OECD.

Para la elaboración de la Tabla 48 se tuvo en cuenta cualquier actividad en la que alguno de los países analizados tuviera una participación igual o superior al 1%.

Al analizar los porcentajes de participación se aprecia que en promedio la actividad que mayor gasto presenta es la relacionada con administración pública y defensa, llegando a tener una participación del 25% y 14% en países como Singapur e Israel respectivamente.

Si se hace un análisis de los países que presentan una alta participación en dicha actividad, se encuentra que tienen un componente en común: han enfrentado históricamente conflictos internos o por soberanía que los han obligado a destinar gran parte de su presupuesto en seguridad. Corea del Sur ha disputado fuertes conflictos por razones ideológicas y territoriales con Corea del Norte y es uno de los pocos países que ha llevado a cabo pruebas nucleares [65]. Israel enfrenta un conflicto de más de cincuenta años con Palestina por la posesión y control del territorio palestino [66]. Singapur y Malasia, que antes integraban la Federación Malaya, se encuentran enfrentados desde su separación principalmente por la distribución de agua, ya que gran parte del territorio de

Singapur depende del abastecimiento de agua desde Malasia [67], sin olvidar que Colombia tiene uno de los conflictos más longevos del planeta.

La segunda actividad que mayor gasto económico presenta está asociada con el sector inmobiliario (compra o renta de vivienda), con una participación promedio del 11 %. En tercer lugar se encuentran las actividades relacionadas con los servicios sociales y de salud con una participación promedio del 9 %. En cuarto lugar se hallan las actividades de comercio mayorista y minorista con una participación promedio del 8 %. En quinto lugar se encuentran las actividades de servicios comunitarios, sociales y personales con un 7 %.

Se incluye en las principales actividades demandantes de recursos económicos actividades sociales y de la salud, las cuales están orientadas a generar un bienestar o aumentar la calidad de vida.

En la Tabla 48 es posible apreciar cómo aspectos culturales inciden en el gasto económico. Países como Colombia, México y Chile tienen una participación del 11%, 14% y 11% respectivamente en las actividades correspondientes a productos alimenticios, bebida y tabaco a diferencia de los otros países. Este comportamiento es atípico respecto al grupo analizado, pero común entre los países mencionados anteriormente, dicho comportamiento obedece a los hábitos de alimentación propios de la cultura latinoamericana, la cual se caracteriza por una alta ingesta de comida informal o denominada rápida. [68]

Como se aprecia, la información aportada por la matriz insumo producto es de gran interés ya que complementa la información contenida en las Encuestas de Calidad de Vida (ECV) y la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH). También se analizó el gasto económico asociado con actividades energéticas de cada país y posteriormente se calculó su nivel de participación.

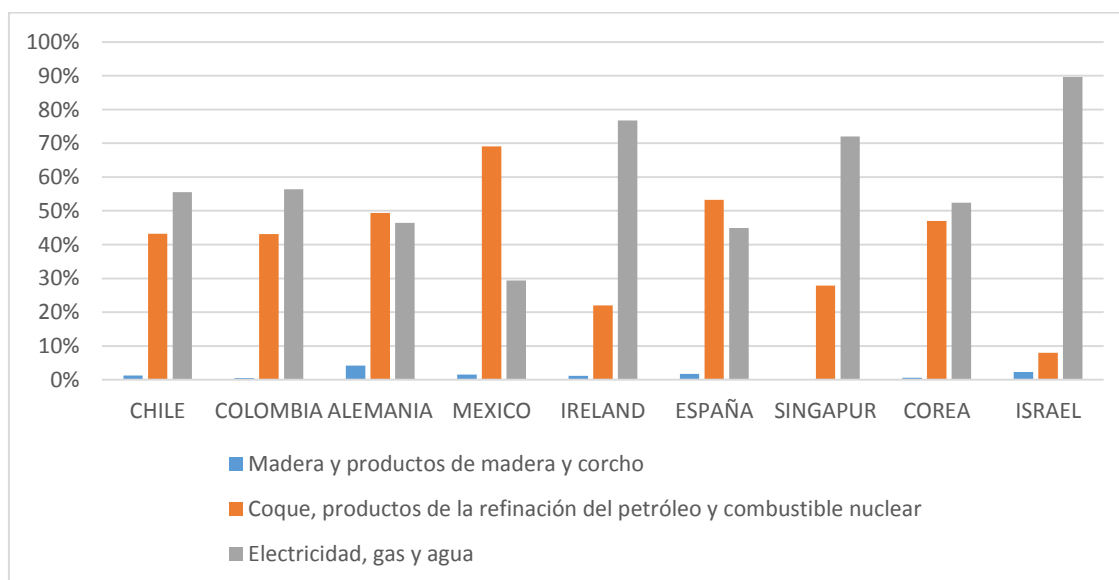


Figura 206. Porcentaje de participación de las actividades relacionadas con energía, en el gasto económico total del sector.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto 2011 OECD



En la Figura 206 se observa que el mayor gasto asociado a energía se presenta en el suministro de electricidad, gas y agua. Sólo en España y en México la actividad asociada a los productos derivados de la refinación del petróleo tienen una mayor participación en el gasto total.

Se presentan los datos de elaboración de la de la Figura 206 con el objetivo de ilustrar la diferencia en la magnitud del gasto.

Tabla 49 Gasto económico total del sector residencial por país con participación porcentual de actividades relacionadas con energía.

País	(Millones USD)	Porcentaje de participación		
		Suministro de electricidad, gas y agua	Madera y productos de madera y corcho	Coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear
Colombia	13,542	56%	0,5%	43%
Chile	6,970	56%	1%	43%
Irlanda	5,202	77%	1%	22%
Singapur	2,566	72%	0,1%	28%
Israel	6,010	90%	2%	8%
Alemania	107,588	46%	4%	49%
España	45,166	45%	2%	53%
Corea	28,581	52%	0,6%	47%
México	33,433	29%	2%	69%

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Matriz Insumo Producto 2011 OECD

Del análisis de la Figura 206 y la Tabla 10 se puede concluir que cada país, basado en la disponibilidad de sus recursos naturales y políticas de Estado tiene una distribución diferente del gasto en actividades relacionadas con energía. A pesar de esto el uso final de la energía tendrá el mismo objetivo como lo es la generación de calor, iluminación y refrigeración, entre otros.

#### 7.5.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector residencial

Con el objetivo de identificar las diferentes actividades u operaciones que tiene asociado el sector residencial, se construyó su cadena de valor teniendo en cuenta el modelo de Michael Porter, la cual permite describir de forma gráfica las diferentes etapas de un proceso, identificando los escenarios donde se añade valor a una materia prima.

A diferencia de otros sectores analizados, el sector residencial no cuenta con actividades primarias como lo son marketing, ventas, post servicios o logística externa, debido a que éste sector demanda recursos y materias primas con el objetivo de satisfacer necesidades básicas y generar bienestar y calidad de vida. Como resultado, el sector residencial no genera un bien final con valor comercial.

Las actividades secundarias o de respaldo están asociadas a los sectores que proveen los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades u operaciones propias del sector residencial, tales como el sector de servicios, financiero y el comercial.

Dado que la cadena de valor que se construyó tiene como objetivo identificar las principales actividades llevadas a cabo en la totalidad de los hogares colombianos y tomando en consideración que una residencia puede variar su comportamiento dependiendo del área geográfica, el nivel de ingresos y la conformación de los hogares, entre otros factores, se buscaron las actividades que

presenten un uso de energía para la generación de calor, el acondicionamiento de espacios, refrigeración, iluminación y refrigeración.

El uso de energía se puede asociar a las siguientes actividades típicas de un hogar





- Generación de calor: Calentamiento de agua y preparación de alimentos.
- Acondicionamiento de espacios: Uso de ventiladores y aire acondicionado.
- Refrigeración: Refrigeración de alimentos.
- Iluminación.

Basado en la información contenida en Gran Encuesta Integrada de hogares (GEIH) de 2015 y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) 2015 se identifican otras actividades que no están relacionadas con los usos finales de energía descritos anteriormente, pero que tienen como propósito aumentar la calidad de vida y bienestar de los hogares.

- Entretenimiento audiovisual.
- Acceso a la informática.

Las actividades listadas anteriormente pueden llevarse a cabo mediante la transformación de diferentes energéticos (Tabla 50) en los usos descritos con anterioridad, por lo que se hace necesario clasificar los usos finales de energía según el tipo de energético que se emplee.





*Tabla 50 Clasificación de energético por código de colores*

Color	Energético
	Gas natural
	Electricidad
	Derivados del petróleo (GLP)
	Leña

Basados en el Balance Energético Colombiano (BECO) del año 2015 es posible conocer la demanda total de cada energético analizado para el sector residencial. Luego de conocer la demanda total de energía del sector residencial se analizó el gasto económico del sector residencial en Colombia asociado a dicha demanda de energía.

Para llevar a cabo en análisis del gasto económico asociado a la demanda de energía se emplearon los datos de gasto económico reportados por el Departamento Nacional de Estadística (DANE) para el año 2014. No es prudente emplear los datos reportados anteriormente en la comparación internacional de la matriz insumo producto ya que dichos datos corresponden a comportamientos económicos del año 2011.

Tabla 51 demanda energética BECO 2015, gasto económico matriz insumo producto DANE 2014 y peso porcentual del gasto económico según energético

Energético	Demanda de energía TJ	Gasto de dinero MM (COP)	Porcentaje de gasto (económico)
gas Natural 	44,083	2,066	11%
Electricidad 	79,782	7,584	39%
Leña 	62,452	116	0,6%
Derivados del petróleo 	16,537	9,581	50%
Total	202,854	9,775	

Para la construcción de la Tabla 51, específicamente el porcentaje de participación de cada energético, se determinó el gasto económico total relacionado con y se calculó el porcentaje de participación de cada energético en el gasto total. Al analizar la Tabla 66 es posible apreciar que la leña es el segundo energético de mayor uso con 62,452 TJ siendo superado solo por la electricidad. Sin embargo es el energético que menor gasto presenta, debido principalmente al bajo costo de adquisición de este recurso. Se aprecia que los energéticos relacionados con los productos derivados del petróleo presentan el mayor gasto económico. En esta categoría la matriz insumo producto elaborada por el DANE para el año 2014 incluye el gasto relacionado con combustible para la movilidad de automóviles particulares del sector residencial. Posteriormente, se identificaron los equipos mediante los cuales se lleva a cabo el proceso de transformación de energía a un uso final.

Tabla 52 Electrodomésticos empleados para transformar la energía, materia prima, en uso final

Uso final de energía	Proceso	Electrodoméstico
Calor directo	Calentamiento de agua	Calentadores
	Cocción	Estufas
		Hornos
Refrigeración	Conservación de alimentos	Nevera
Fuerza motriz	Desplazamientos	Motocicleta
		Automóvil
		Bicicleta eléctrica
Acondicionamiento de espacios	Temperatura ambiente	Ventilador
		Aire Acondicionado
Iluminación	Iluminación	Bombillos
Otros	Audio	Equipo de audio
	Informática	Computador
	Televisión	Televisor
	Limpieza de ropa	Lavadora

La Tabla 52 contiene los equipos mediante los cuales se puede llevar a cabo la transformación de energía en su uso final. Sin embargo, es conveniente aclarar que electrodomésticos como estufas y

calentadores de agua pueden usar energéticos como gas natural, electricidad, leña y Gas Licuado Del Petróleo (GLP) para su funcionamiento. Los bombillos empleados para la iluminación pueden ser incandescentes, halógenos o LED. Electrodomésticos como neveras y aires acondicionados varían el consumo en función de las condiciones ambientales propias de la región donde se ubican.

La variación en el comportamiento y participación de diferentes energéticos para el mismo uso final de energía será el punto de partida para la transformación tecnológica, al permitir un incremento en la eficiencia de los procesos de transformación de energía, sustituyendo, por ejemplo, el uso de leña para la generación del calor por energéticos de mayor eficiencia como el gas natural o la electricidad. Los valores de consumo que se reportan en la cadena de valor son el resultado de la cuantificación de algunas tenencias de bienes en los hogares colombianos basados en los resultados de la GEIH y la ECV, y la caracterización de consumo del sector residencial desarrollada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en el año 2011, así como proyecciones de demanda realizadas por el equipo de profesionales de la UPME.

El porcentaje de los energéticos reportado en la cadena de valor del sector residencial así como el valor de energía, corresponde a los valores reportados en la Tabla 51. Los círculos ubicados en el costado derecho de cada uso de energía final corresponde al energético con el cual se puede llevar a cabo dicha uso, siguiendo el código de colores de la Tabla 51. El dato de consumo correspondiente a calentadores de agua corresponde únicamente al uso de la ducha eléctrica. El consumo de otros electrodomésticos presentes en la cadena de valor del sector residencial continúa en proceso de cálculo, no se tiene un valor oficial, por ende no es reportado. El consumo referente a movilidad será reportado por el sector de transporte, se incluye en la cadena de valor del sector residencial dado que la cifra de gasto económico lo considera (consumo de combustible para los vehículos del sector residencial), como fue enunciado anteriormente. La cadena de valor de presenta en la Figura 207.



Figura 207 Cadena de valor del sector residencial  
Fuente: elaboración propia

## 7.6 Sector Agropecuario

### 7.6.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector agropecuario e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

La demanda energética del sector mantiene un comportamiento similar entre los datos de la IEA y Bariloche en donde este último mantiene una curva más suave (Figura 208). El consumo mostrado por BECO presenta una fuerte caída debido a que solo cuenta con datos de consumo de energía eléctrica para el sector.

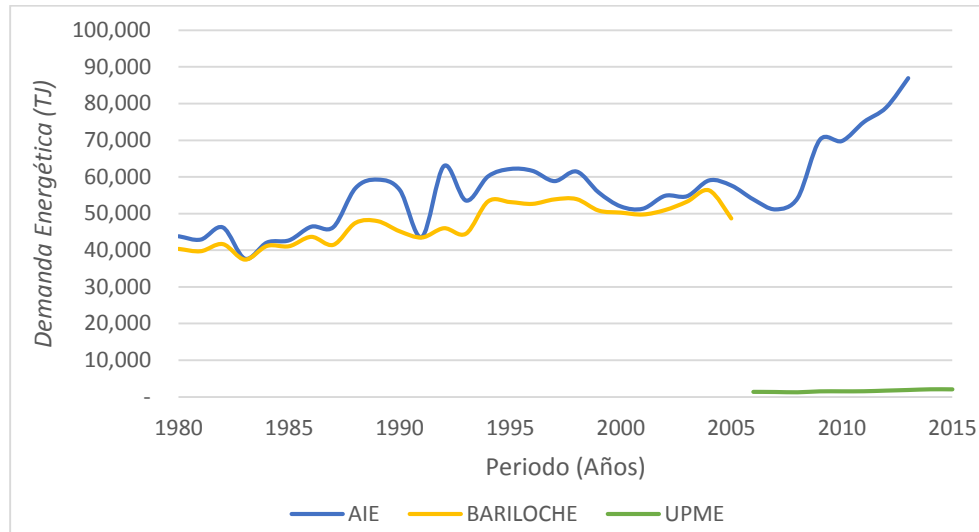


Figura 208. Consumo General del Sector Agropecuario  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La fuente energética que domina el sector es el conjunto de biomasa (leña, bagazo y residuos), el cual en promedio se demanda 31.761 TJ. Bariloche desagrega estas fuentes en bagazo, leña y recuperación de residuos mientras que la IEA los une en un único indicador “Biocombustibles y residuos”. Al comparar el indicador de la IEA con el conjunto de fuentes energéticas de Bariloche (Línea punteada Figura 210) se observa que tienen similitud en magnitud y comportamiento, estas fuentes energéticas no se reflejan en el BECO en donde no existen datos. Entre 1990 y 1992 existe un abrupto cambio en la relación de consumo de leña y bagazo para los datos de Bariloche, pasando la leña de ser menos consumida a ser más consumida que el bagazo, esto podría deberse a un cambio en la metodología de tratamiento de datos.

El consumo de energía eléctrica en el sector es bajo en comparación con otras fuentes energéticas, se observa la existencia de una correlación entre el comportamiento de los datos de la IEA y Bariloche, aunque la magnitud de los datos de la IEA es mucho mayor, en promedio 3.100 TJ (71% con respecto a IEA). Los datos de consumo eléctrico tienen mayor congruencia en magnitud entre los datos de Bariloche y BECO (Figura 209).

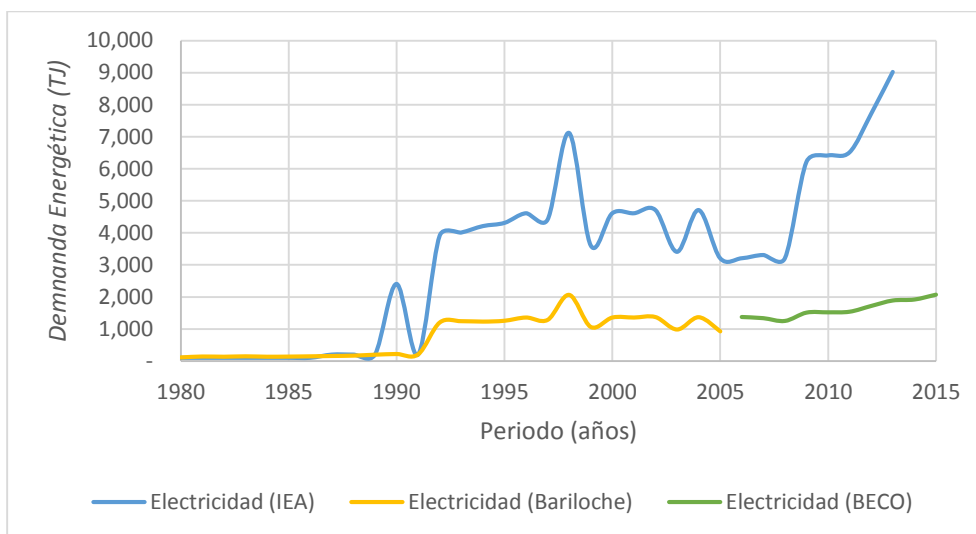


Figura 209. Variación en la demanda de electricidad en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

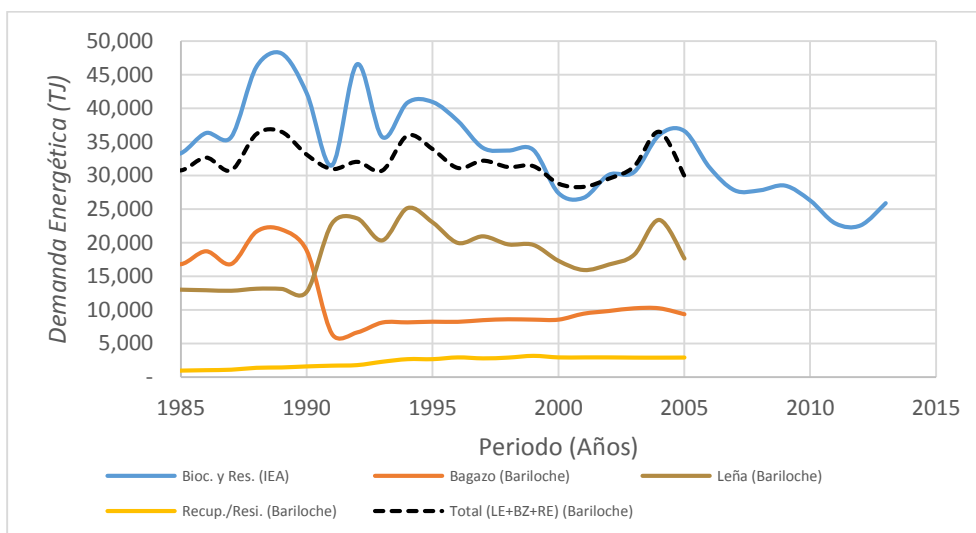


Figura 210. Variación en la demanda de biocombustibles, leña, bagazo y residuos en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Con respecto a los combustibles derivados del petróleo, los datos proporcionados por Bariloche y la IEA son prácticamente idénticos, los cuales muestran una tendencia creciente en especial a partir del 2005 (Figura 211). Este incremento acelerado pudo ser ocasionado por los estímulos a la producción y consumo de los biocombustibles como exenciones de impuestos y mezcla obligatoria de biocombustibles con diésel y gasolina [69].

Bariloche desagrega estas fuentes energéticas en diésel y gasolina, aunque la gasolina no hace un aporte representativo entre los derivados del petróleo (En promedio aporta el 1,96% a los derivados del petróleo). El BECO no presenta datos en este tipo de fuentes de energía.

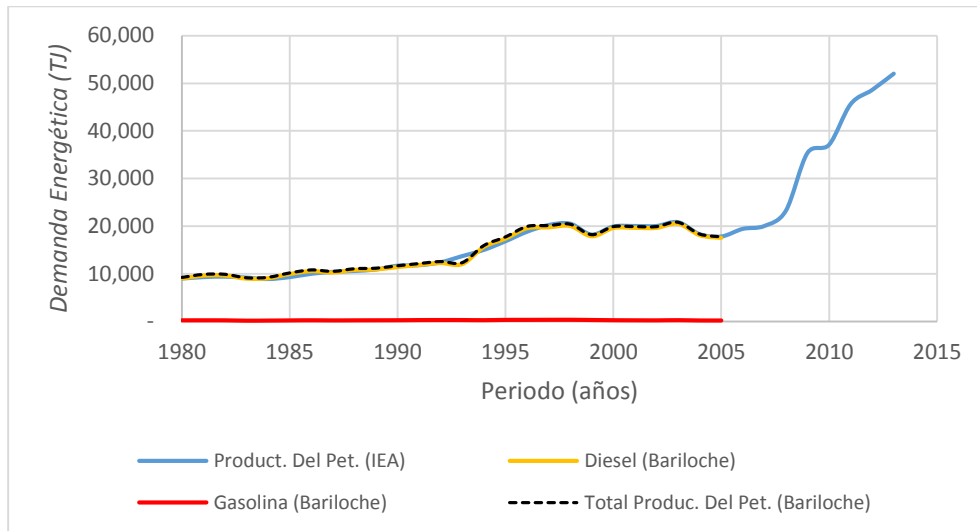


Figura 211. Variación en la demanda de combustibles derivados del petróleo en el sector agrícola según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Comparando los datos de consumo de biomasa con los datos de consumo de derivados del petróleo (Figura 212) se observa que a partir del 2005 el consumo de biomasa empieza a disminuir mientras que el consumo de derivados del petróleo especialmente diésel empieza a aumentar para finalmente invertirse la relación de consumo entre estos dos tipos de energéticos lo que podría indicar un proceso de sustitución. Este cambio en la tendencia coincide con las políticas de incentivo de biocombustibles iniciada hacia el 2001 con la aprobación de la ley 693 donde se introduce el alcohol carburante para gasolina y la ley 939 de 2004 que promueve el uso de biocombustibles en motores diésel. En 2008 se observa un crecimiento exponencial cuando se inicia la producción industrial de biodiesel.

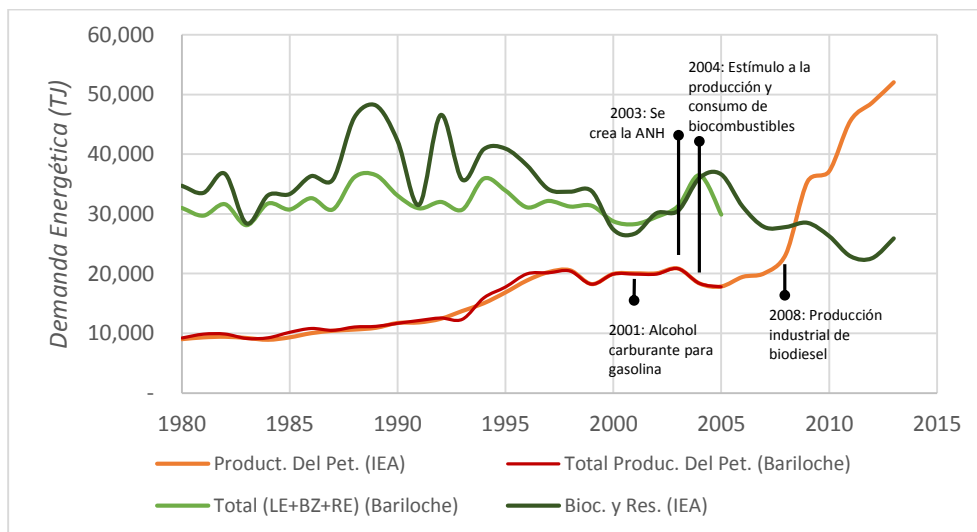


Figura 212. Comparativa entre el consumo de Biomasa y derivados del petróleo para el sector agrícola

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

7.6.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector agropecuario a nivel nacional  
Los productos en los que más invierte el sector agrícola son las “sustancias y productos químicos”, “productos de la molinería, almidones y sus productos” y “otros productos agrícolas” (Tabla 53).

En cuanto a energía, el sector invierte más en productos de la refinación del petróleo seguido por energía eléctrica. En esta matriz no se refleja gasto en leña, bagazo, ni residuos, debido a que estos insumos no representan un verdadero gasto para este sector ya que son residuos de su producción a pesar de que es lo que más consume.

Tabla 53. Los cinco productos en los que más invierte el sector agrícola.

Producto	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Sustancias y productos químicos.	27%	26%	22%	21%
Productos de molinería, almidones y sus productos.	25%	23%	27%	28%
Otros productos agrícolas.	13%	12%	10%	10%
Animales vivos, productos animales y productos de la caza.	9%	10%	9%	8%
Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios.	4%	4%	4%	5%

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

El porcentaje de gasto en energía ha aumentado en el sector con respecto al gasto total pasando de 1,47% en 2000 a 4,03% en el 2014 (Tabla 54). En especial ha aumentado el gasto en productos de la refinación del petróleo el cual ha triplicado su participación en el gasto total pasando de 1,03% a 3,22% en el mismo periodo.

La participación de los productos derivados del petróleo en el gasto energético total ha venido creciendo con los años, pasando de un mínimo de 55% en el 2001 a un 80% para el 2014 (Figura 220). Esto concuerda con los datos de consumo en el que se muestra un aumento en especial a partir del 2005 (Figura 211).

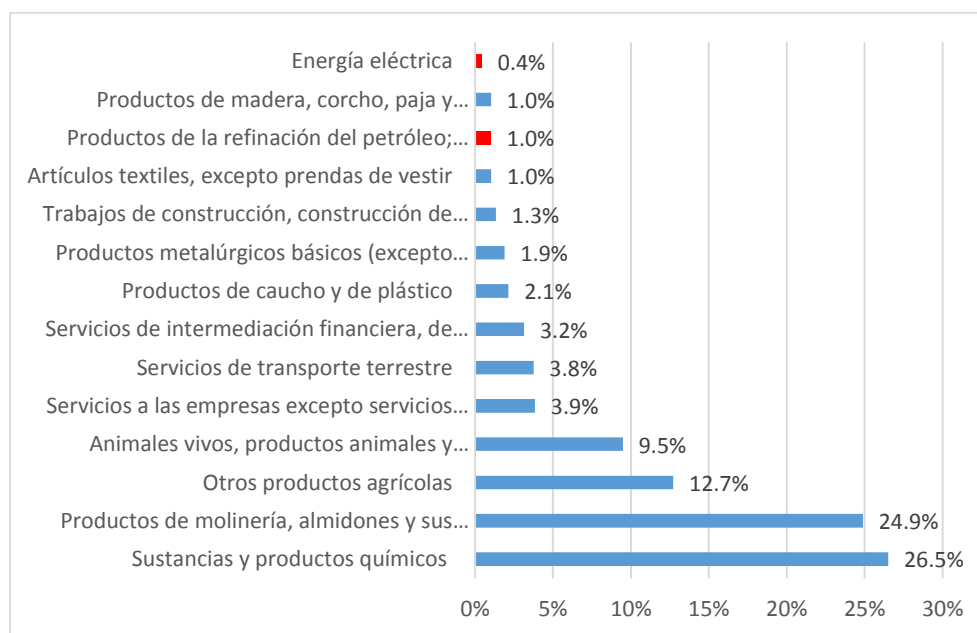


Figura 213. Matriz Insumo-Producto para el Sector Agrícola en el año 2000.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo-Producto DANE



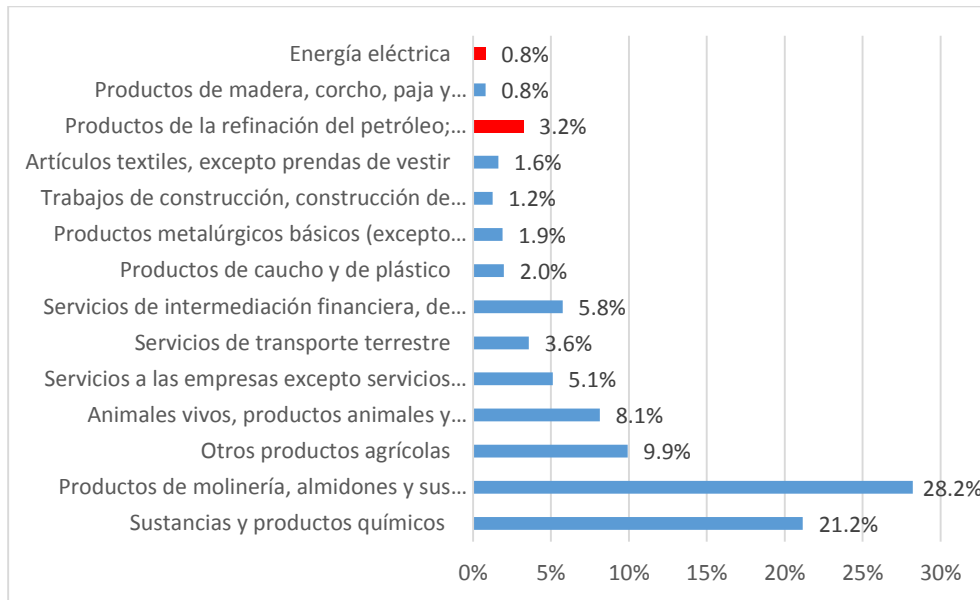


Figura 214. Matriz Insumo-Producto para el Sector Agrícola en el año 2014.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Tabla 54. Porcentaje de gasto en energía para el sector agrícola con respecto al gasto total

Producto Energético	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Productos de la refinación del petróleo	1,03%	2,30%	2,78%	3,22%
Energía eléctrica	0,44%	0,87%	0,89%	0,81%
<b>Total Gasto en Energía</b>	<b>1,47%</b>	<b>3,16%</b>	<b>3,67%</b>	<b>4,03%</b>

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

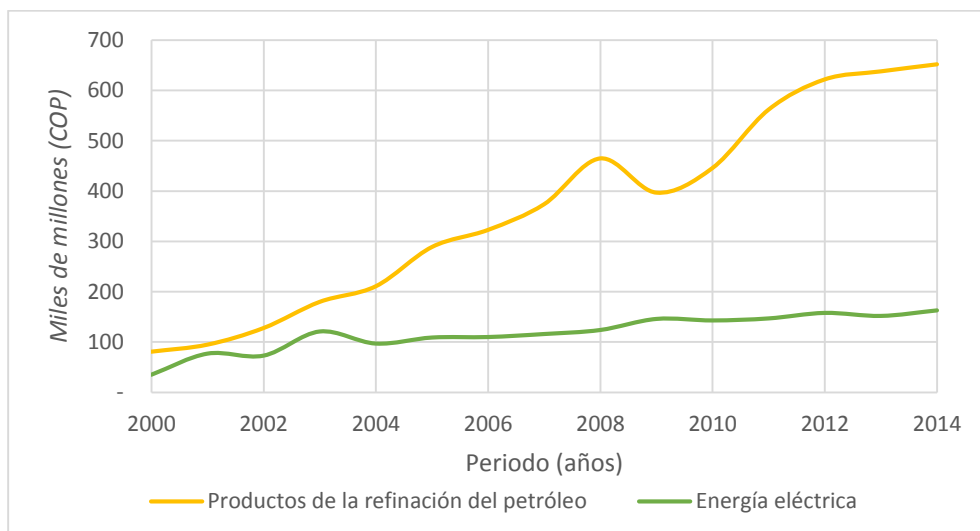


Figura 215. Evolución del gasto en energía para el sector agrícola

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

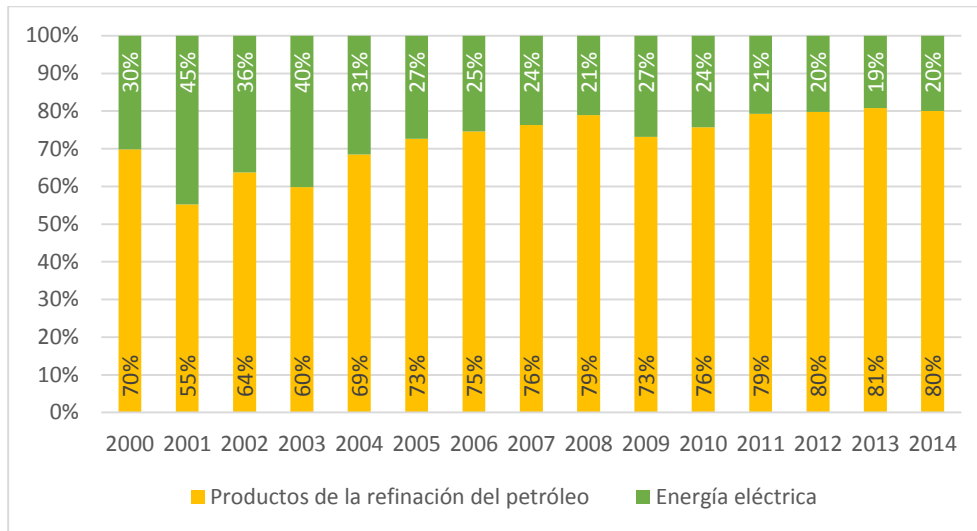


Figura 216. Evolución porcentual en el gasto por energético.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.6.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector agropecuario con el contexto internacional

#### 7.6.3.1 PIB sector agropecuario

El PIB del sector agropecuario colombiano es el que tiene la mayor representación dentro del PIB nacional entre los países comparados con una participación de 5,4 % seguido por Chile y México con una participación de 4,5 % y 3,4 % respectivamente lo que indica la menor complejidad de las actividades realizadas por estos países en relación con las otras naciones comparadas. Debido a la escasez de su territorio Singapur no cuenta con actividad agropecuaria como se muestra en la Figura 217.

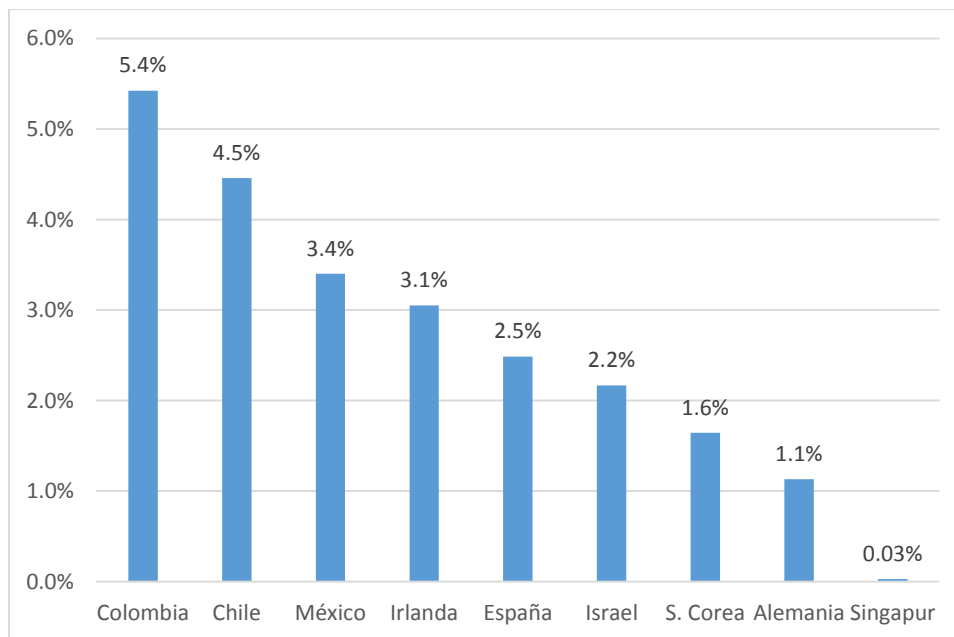


Figura 217. Participación del PIB sectorial en el PIB nacional

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

### 7.6.3.2 Demanda de productos en el sector agropecuario

Los productos más demandados en el sector agropecuario colombiano son los productos alimenticios (27,1 %) y productos químicos (18,9 %). En términos generales la demanda de la mayoría de los países se concentra en estas dos actividades y en productos del mismo sector junto a actividades de comercio con excepción de Israel que tiene una alta demanda de productos de minas y canteras como se presenta en la Tabla 55.

Los productos químicos son muy demandados en este sector ya que son los insumos para las actividades de fertilización y control de plagas.

Alemania es el país que muestra una mayor diversificación en los productos demandados en el sector agropecuario y adicionalmente tiene una alta demanda en investigación y desarrollo (11,5 %) estos factores muestran el desarrollo y mayor complejidad de este sector en el país.

Tabla 55. Participación de la demanda de productos en el sector agropecuario para diferentes países (%)

	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	13,6%	24,2%	13,2%	36,9%	14,7%	12,4%	28,9%	4,9%	11,8%
Minas y canteras	0,1%	1,2%	0,9%	1,7%	35,1%	1,1%	0,9%	55,6%	0,1%
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	27,1%	19,4%	10,6%	16,3%	12,1%	27,7%	18,1%	4,3%	29,0%
Textiles, productos textiles, cuero y calzado	1,7%	0,2%	0,3%	0,2%	0,1%	1,8%	0,3%	0,9%	0,4%
Coque y productos de la refinación del petróleo.	2,2%	10,0%	6,7%	2,1%	0,9%	6,1%	5,9%	0,8%	4,1%
Sustancias y productos químicos	18,9%	5,4%	6,0%	13,0%	3,9%	10,5%	10,2%	1,7%	6,9%
Productos de caucho y plástico	1,7%	1,5%	0,9%	0,3%	0,8%	2,6%	0,6%	0,4%	1,6%
Metales básicos	0,8%	1,0%	0,3%	0,1%	0,2%	1,9%	0,4%	0,0%	0,3%
Maquinaria y equipamiento	0,5%	0,9%	5,5%	0,2%	0,1%	1,6%	0,1%	0,2%	1,4%
Electricidad, gas y agua	0,9%	1,8%	3,2%	3,0%	3,1%	1,5%	3,1%	1,9%	6,1%
Construcción	1,2%	0,3%	3,3%	0,9%	0,0%	1,2%	0,4%	0,5%	0,6%
Comercio mayorista y minorista, reparación	14,6%	15,7%	13,4%	9,9%	17,7%	10,0%	21,6%	15,0%	17,8%
Transporte y almacenamiento	6,0%	5,4%	1,7%	1,1%	6,9%	2,7%	4,3%	5,0%	4,1%
Intermediación financiera	4,8%	6,5%	4,3%	2,1%	2,1%	2,8%	2,1%	1,9%	3,0%
I + D y otras actividades comerciales	2,3%	2,4%	11,5%	6,7%	0,3%	1,4%	0,4%	2,7%	3,6%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	0,0%	0,1%	0,9%	0,1%	0,0%	1,7%	0,0%	0,7%	0,3%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	0,5%	0,1%	2,9%	0,7%	0,0%	0,7%	0,0%	0,3%	0,6%

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Tabla 56. Principales actividades en las que gasta el sector agropecuario para diferentes países

País	Actividad principal	Actividades secundarias	
Colombia	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Sustancias y productos químicos	Comercio al por mayor y al detal; refacciones
Chile	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Comercio al por mayor y al detal; refacciones
Alemania	Comercio al por mayor y al detal; refacciones	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	I + D y otras actividades comerciales
Irlanda	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Sustancias y productos químicos
Israel	Minería y canteras	Comercio al por mayor y al detal; refacciones	Agricultura, caza, silvicultura y pesca
S. Corea	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	Sustancias y productos químicos
México	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	Comercio al por mayor y al detal; refacciones	Productos alimenticios, bebidas y tabaco
Singapur	Minería y canteras	Comercio al por mayor y al detal; refacciones	Transporte y almacenamiento
España	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	Comercio al por mayor y al detal; refacciones	Agricultura, caza, silvicultura y pesca

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

La Tabla 56 permite observar que en términos generales las actividades en las que más invierte el sector agricultura son similares entre los diferentes países, demandándose principalmente productos del mismo sector, aunque vale la pena destacar el caso de Israel en donde su actividad principal en el sector es “Minería y canteras” una actividad que ni siquiera registra entre las diez principales para el caso colombiano y el caso de Singapur en donde su actividad principal dentro del sector apenas alcanza los 56,9 millones de dólares, lo que indica un pobre desarrollo de este sector en este país.

La demanda de los diez principales productos en el sector para Colombia se compara con la demanda de los mismos productos para el sector agropecuario en los países de Chile, Alemania, Irlanda, Israel, S. Corea, México, Singapur y España en la Figura 218, en donde el orden de los países obedece a la suma total de los diez principales productos, mayor abajo, menor arriba:

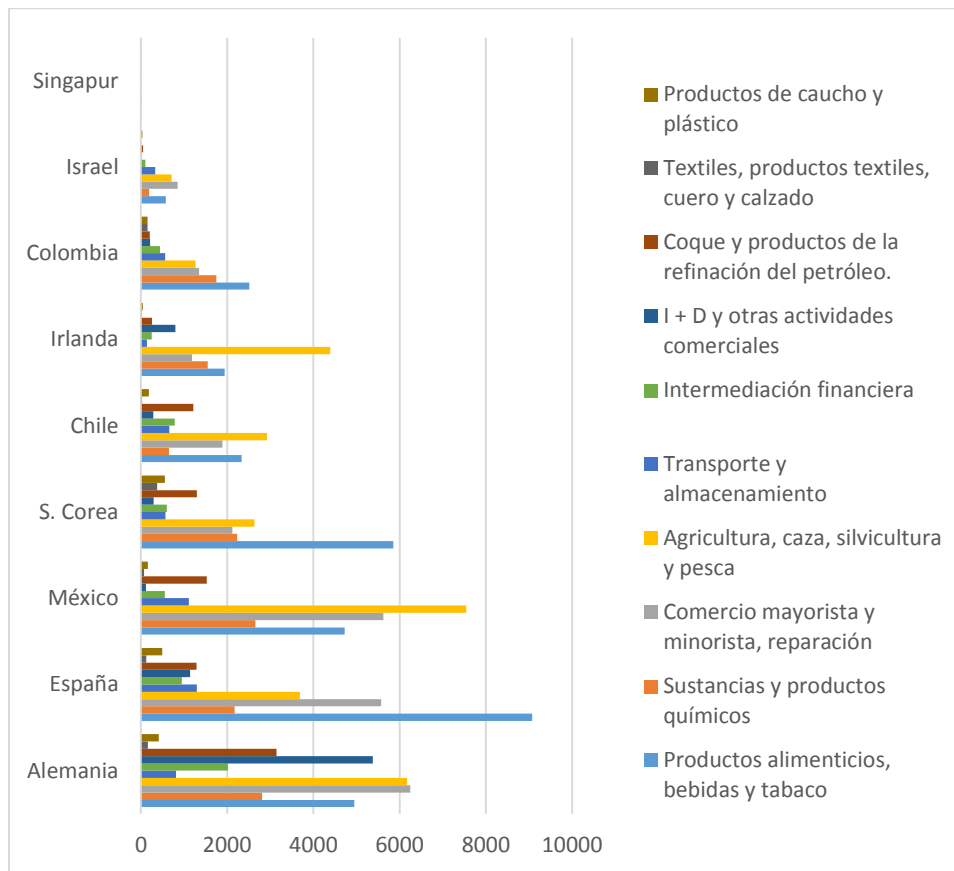


Figura 218. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector agropecuario.  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Alemania, España y México son las economías que más gastan en el sector agropecuario. El sector agropecuario en Singapur es casi inexistente como se mencionó anteriormente. Colombia aparece apenas por encima de Israel y Singapur.

### 7.6.3.3 Oferta y demanda de productos en el sector agropecuario

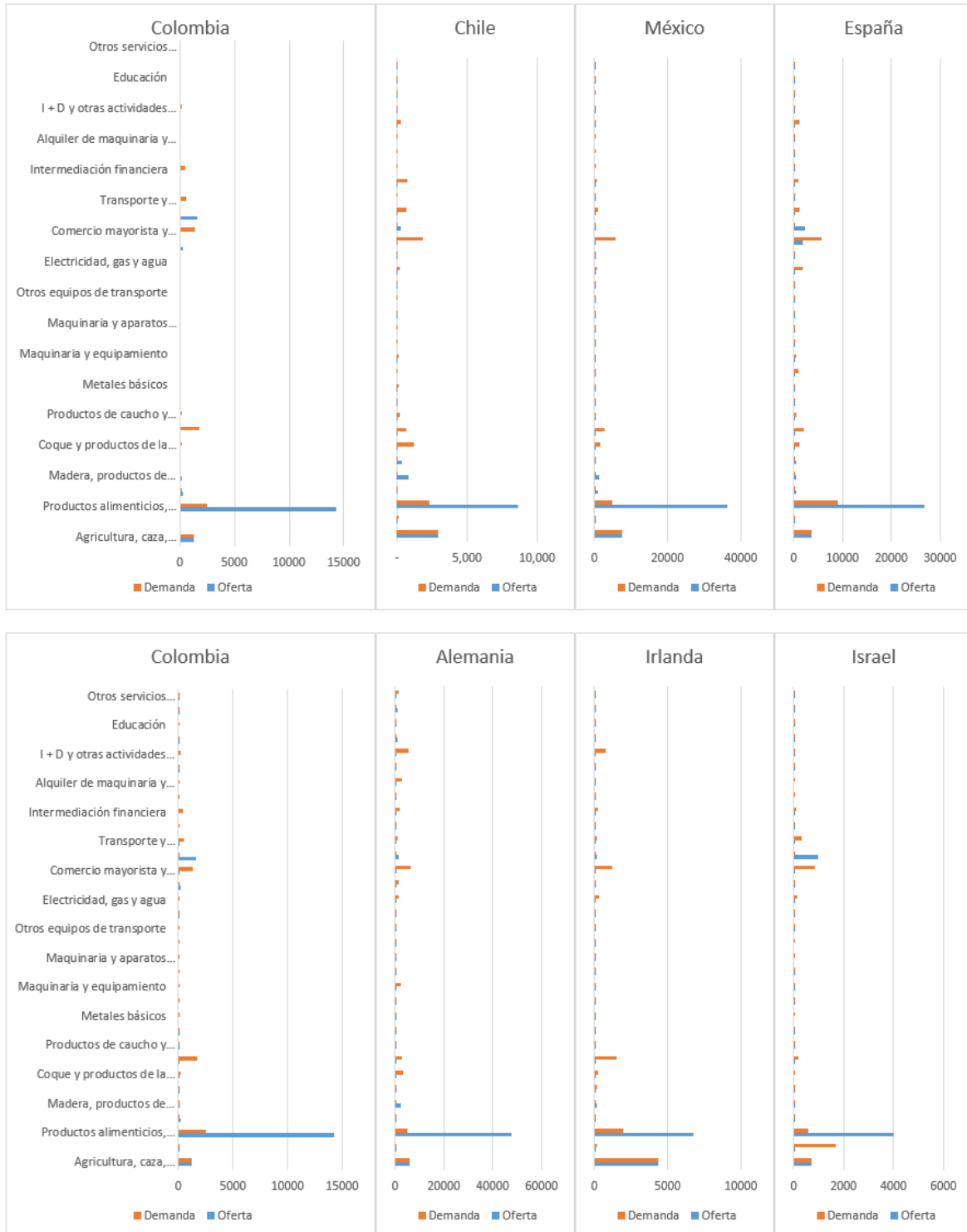


Figura 219. Oferta y demanda de productos en el sector agropecuario para diferentes países.

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

El comportamiento de la oferta en todos los países es muy similar (Figura 219), básicamente lo que oferta el sector agropecuario son productos alimenticios y en menor medida servicios de su propio sector, incluso Alemania con una economía más diversa mantiene la misma tendencia. En algunos países como Israel el sector también oferta servicios de restaurantes, aunque en una pequeña proporción en comparación con la oferta principal del sector.

#### 7.6.3.4 Gasto energético del sector

La Matriz Insumo Producto analizada solo contiene dos grupos energéticos “Coque, productos de la refinación del petróleo (PRP)” y “Electricidad, gas y agua”, con la dificultad de que en este último grupo se agrega el gasto en agua junto a otros energéticos, lo que hace más difícil el análisis desde la perspectiva de demanda energética.

Sumando el gasto en energéticos, Alemania es el país que más demanda energía y combustible, seguido por España y México tal y como lo presenta la Tabla 57

Tabla 57. Demanda energética del sector por países en millones de dólares

País	Coque, PRP	Electricidad, gas y agua	Total
Alemania	3143,6	1506	4649,6
España	1287,1	1903,3	3190,4
México	1527,9	803,6	2331,5
S. Corea	1291,9	307	1598,9
Chile	1210,7	212,7	1423,4
Irlanda	254,3	356,8	611,1
Colombia	207	83,6	290,6
Israel	45,2	149,7	194,9
Singapur	0,8	1,9	2,7

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

La relación entre el PIB generado en el sector y el gasto en energía se presenta en la Tabla 58.

Tabla 58. PIB sectorial generado por gasto en energía

País	PIB sectorial/Gasto en energía
Colombia	105,7
Singapur	70,9
Israel	48,3
S. Corea	30,4
México	28,5
Irlanda	25,6
España	20,4
Alemania	16,6
Chile	14,4

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Colombia es el país que presenta la tasa de generación de PIB por energía más alta entre los países analizados, generando 105,7 veces de PIB por dinero en energía invertido. Los que menos generan por inversión en energía son Chile y Alemania.

La inversión en energía realizada en el sector se compara con la demanda energética total del país con el objetivo de determinar el peso energético del sector dentro de la demanda energética total.

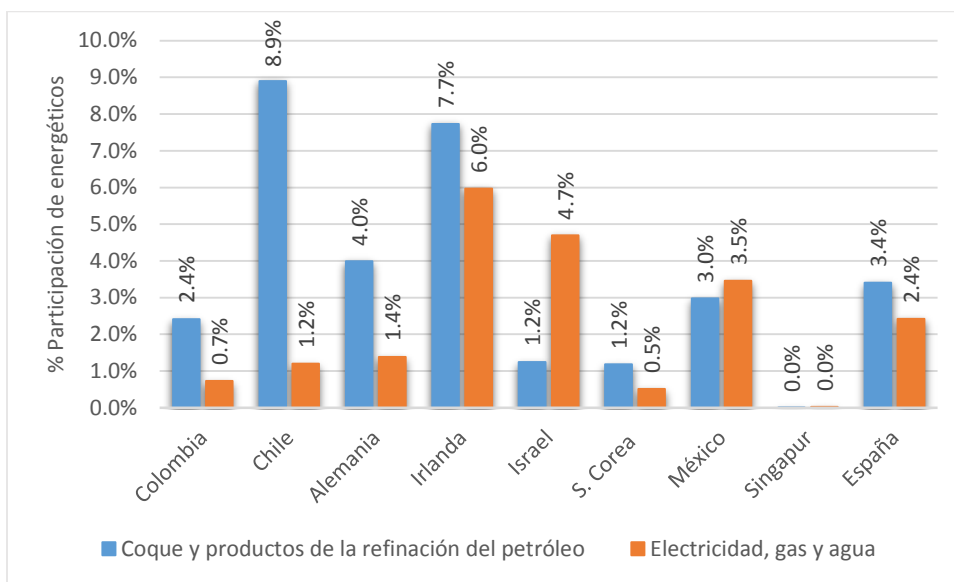


Figura 220. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

La Figura 220 permite observar que Colombia es uno de los países en donde su gasto energético en el sector agrícola representa menos dentro del total de energía consumida en el país, invirtiendo en mayor medida en productos de la refinación del petróleo por encima de energía eléctrica. A excepción de Israel y México en términos económicos todos los países gastan más en productos de la refinación del petróleo que energía eléctrica, gas y agua.

La participación del gasto en energía dentro del gasto total del mismo sector para cada país es mostrada en la Figura 221. Chile y España son los países que más participación tienen en gasto energético dentro del sector agropecuario.

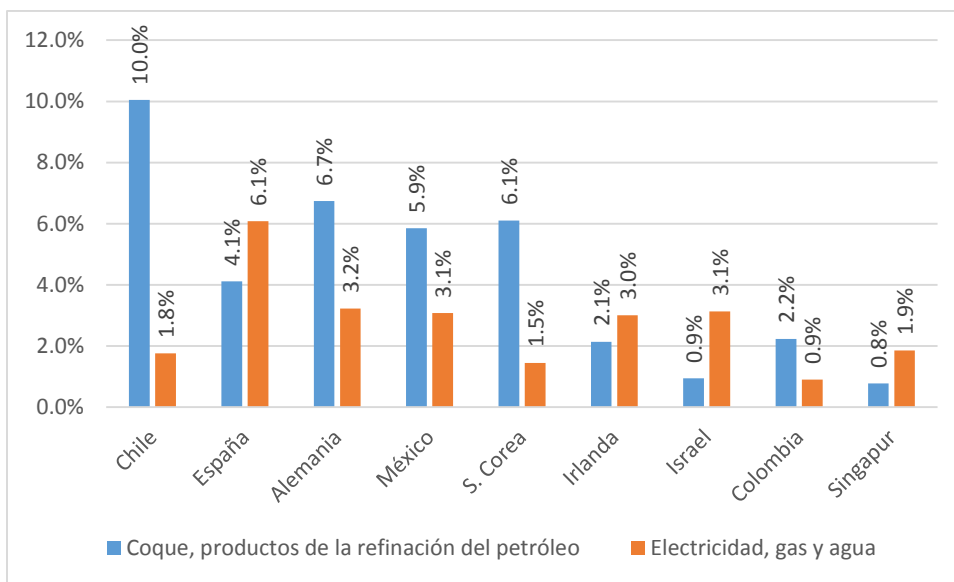


Figura 221. Participación de la demanda energética dentro del sector  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)



### 7.6.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector agropecuario

El sector agropecuario es muy diverso en cuanto al tipo de actividades que se realizan debido a las amplias diferencias que existen entre los diferentes subsectores. Para realizar la cadena de valor (Figura 222) el sector se subdividió en dos subsectores principales:

**Subsector agrícola:** los insumos para poder realizar esta actividad son las semillas y los productos químicos para fertilizar y hacer control de plagas en las plantaciones; dentro de la operación se realiza la siembra; el mantenimiento del cultivo; la recolección; la extracción y la transformación final, este tipo de transformación puede observarse en industrias como la azucarera o en la producción de biodiesel a partir de palma. Este subsector hace uso de maquinaria como tractores, cosechadoras, moladoras, plantas eléctricas, etc. las cuales consumen principalmente diésel.

**Subsector pecuario sacrificio/recolección:** El subsector pecuario se subdividió en cría de animales para sacrificio (ejemplo la cría de ganado vacuno para carne) y cría de animales para recolectar un producto del animal, específicamente producción de huevos y leche. En estas dos actividades se deben realizar tareas de reproducción y cría de los animales, pero en la primera se debe agregar el sacrificio del animal, el desposte y el almacenamiento en frío del producto; mientras que en la segunda actividad se debe adicionar recolección del producto y clasificación en el caso de los huevos. Los insumos de entrada para este subsector son el alimento o la materia prima para prepararlo, los mismos animales y las vacunas y medicamentos. En cualquiera de los subsectores el producto final debe ser empacado, almacenado y transportado, y en caso de requerirse debe adicionalmente ser refrigerado.

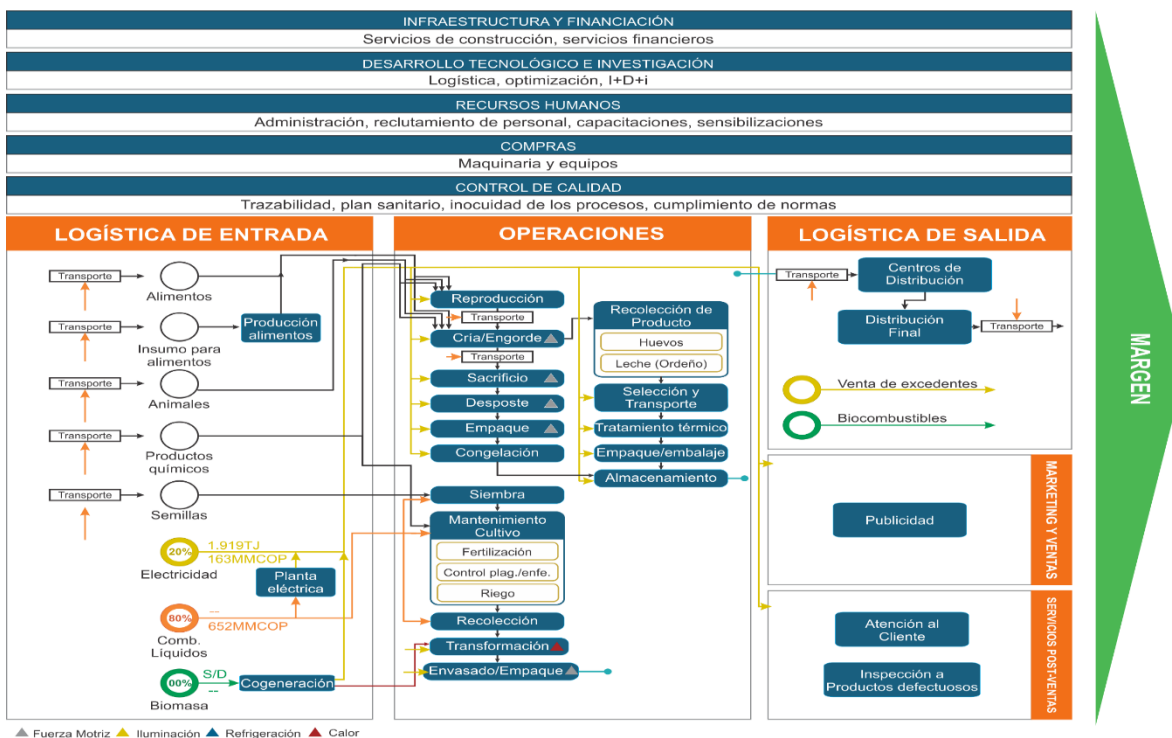


Figura 222. Cadena de valor Sector Agropecuario

#### 7.6.4.1 Consumo energético del sector agropecuario

Para determinar el consumo energético del sector se tomaron como referencia el Balance Energético Colombiano (BECO) realizado por la UPME[2] y la MIP realizada por el DANE, estas fuentes reportan el consumo del sector en unidades de energía (TJ) y en gasto de dinero (Miles de millones de pesos) respectivamente. Los datos se presentan en la Tabla 59.

Tabla 59. Consumo Energético Sector Agropecuario (2014)

Energético	Consumo TJ	Gasto MMCOP
EE SIN	1.909	163
Com. Líquidos	-	652
GN/GLP	165*	2
<b>TOTAL</b>	<b>2.074</b>	<b>817</b>

Fuente: UPME, DANE

\* El dato de consumo de gas natural en el sector solo está reportado para el año 2014, en los demás años no existe reporte de consumo.

En la información reportada en el BECO solo se incluye el consumo de energía eléctrica y un único dato de consumo de gas natural para el año 2014, en cuanto al consumo de biomasa como bagazo o leña no existe reporte de consumo, lo mismo ocurre con el consumo de combustibles líquidos el cual tiene una participación más que importante dentro del gasto en energéticos según los datos de la MIP en donde representa casi el 80 % del gasto, este combustible es usado en transporte pero también en maquinaria y plantas de generación eléctrica que hacen parte del desarrollo de la actividad agropecuaria. Aunque no se reporta en el BECO, se presume que el consumo de biomasa debe ser considerable ya que este es usado en los procesos de auto y cogeneración en el sector.

#### 7.6.4.2 Caracterización del sector agropecuario

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA [70] para el 2015 del total de área usado en actividades agropecuarias el 80 % se destinó a la actividad pecuaria, mientras que el 7,6 % se destinó a la actividad agrícola, el 10,1 % se usó para bosques y el restante 2,3 % se utilizó en otros usos. (Figura 223)

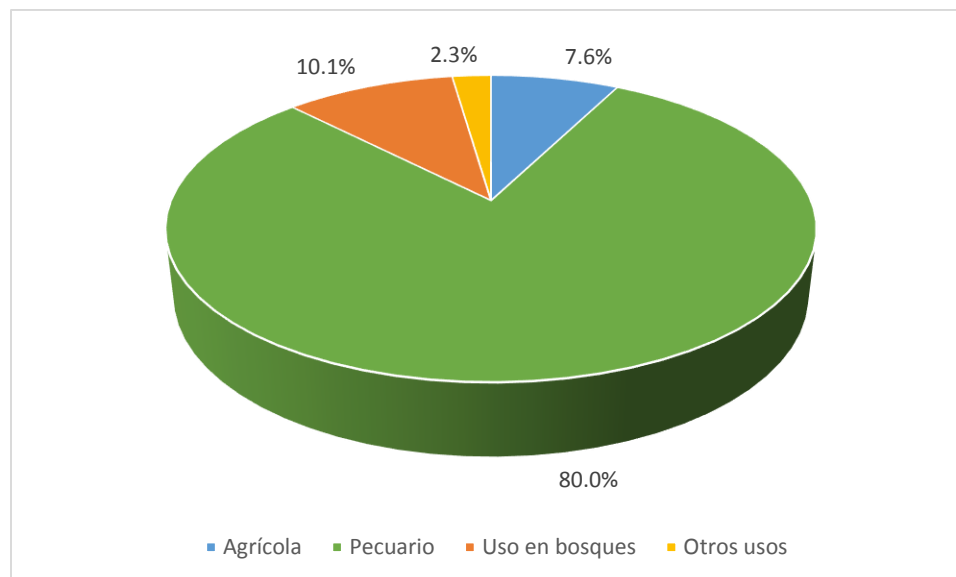


Figura 223. Área cultivada por tipo de actividad

## 7.7 Sector Construcción

### 7.7.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector construcción e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

El consumo energético general en el sector de la construcción ha estado ligado fuertemente a variables económicas, aunque en general muestra una tendencia decreciente. El comportamiento del consumo energético mantiene una correlación entre la IEA y Bariloche, aunque entre 1990 y 1999 el comportamiento de Bariloche muestra un comportamiento mucho más suave. En el periodo de muestra del BECO el consumo cae drásticamente debido a que solo toma en cuenta el consumo de energía eléctrica el cual no es muy alto en el sector. Si se compara el consumo energético del sector con el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) y el Índice de la Construcción Pesada (ICCP) reportados por el DANE (Figura 225) se observa una relación inversa entre estas variables, es decir que cuando los costos de la construcción suben la demanda energética baja y viceversa. También se puede observar una disminución en la demanda energética del sector en las crisis económicas, esto se ve de forma clara al observar la Figura 224 en 1998 y 2009.

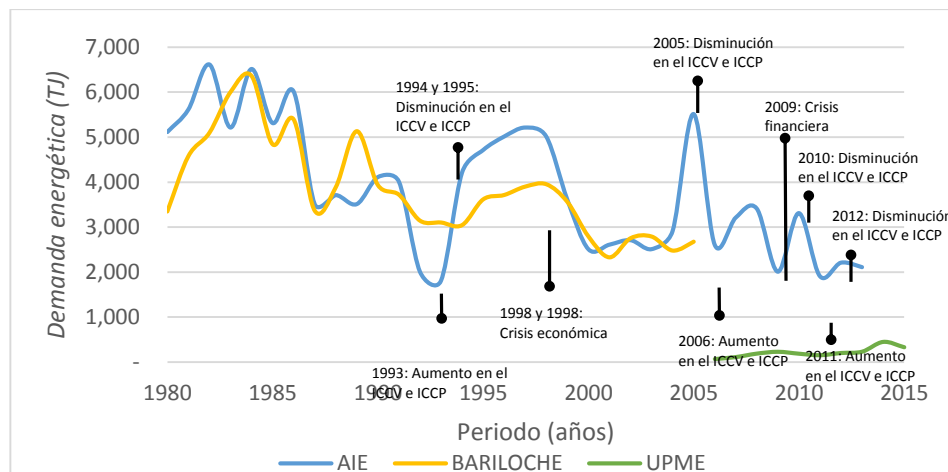


Figura 224. Consumo General del Sector Construcción

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

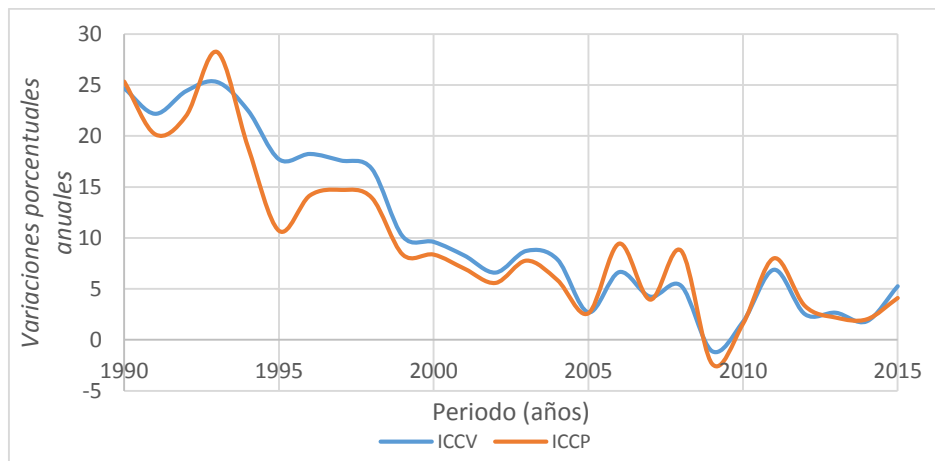


Figura 225. Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV), Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP). Variación Porcentual.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de DANE

El consumo energético en este sector está dominado por el petróleo y sus derivados mientras que el consumo eléctrico es bajo en un rango comprendido entre 200 y 300 TJ.

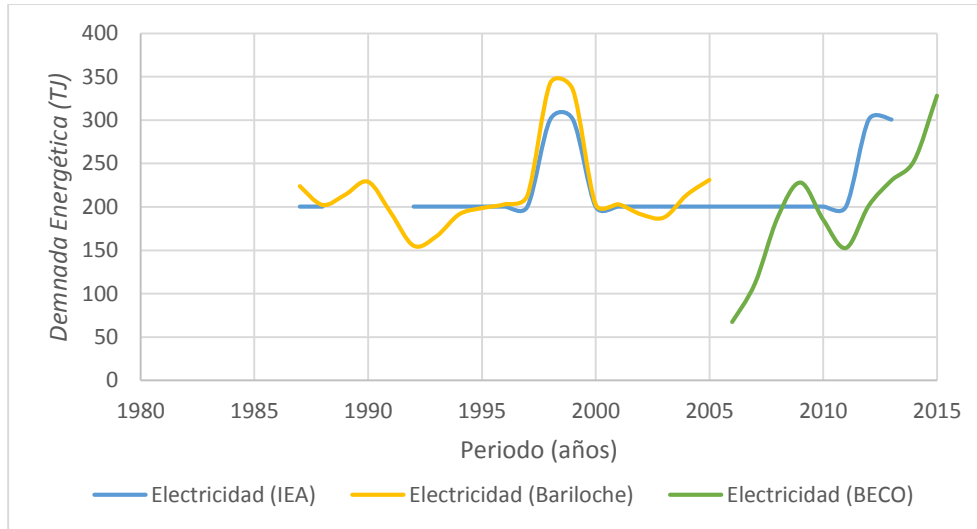


Figura 226. Variación en la demanda de Energía Eléctrica en el sector construcción según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

El consumo de petróleo es relevante en el sector según la IEA que muestra un consumo promedio de 1.000TJ entre 1984 y 2010 mientras que es marginal para Bariloche en donde se refleja un consumo promedio de 42 TJ entre 1980 y 2005 y es inexistente en el BECO (Figura 227).

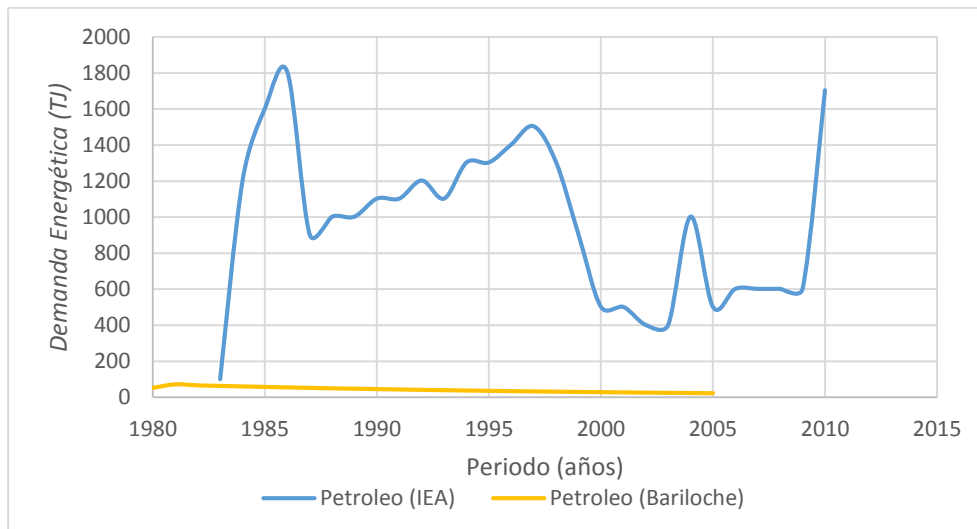


Figura 227. Variación en la demanda de Petróleo en el según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La IEA muestra agregados todos los derivados del petróleo en un solo indicador, mientras que Bariloche desagrega este consumo entre Diésel y Gasolina, en BECO no existen datos para el consumo de productos derivados del petróleo.

Al agrupar todos los derivados mostrados por Bariloche (Línea punteada Figura 228) y compararlo con los datos del IEA se observa un comportamiento similar. Aunque Bariloche no refleja la drástica caída entre 1991 y 1994 mostrada por la IEA, ni el drástico aumento del 2005, lo que muestra nuevamente el suavizado de los datos de Bariloche con respecto a los datos de la IEA. A partir de 1991 se presenta un cambio abrupto en los datos de Bariloche en donde se invierte la participación de los derivados del petróleo y pasa a dominar el consumo de gasolina por encima del diésel (Figura 228).

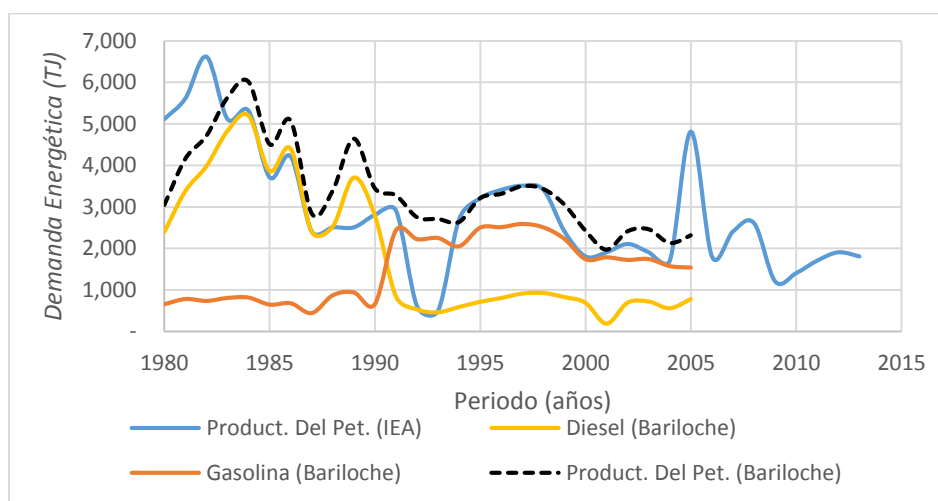


Figura 228. Variación en la demanda de Productos Derivados del Petróleo en el sector construcción según IEA, Bariloche y BECO.

Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

### 7.7.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector construcción a nivel nacional

En la Tabla 60 se muestran los cinco productos en los que más invierte el sector construcción, entre los energéticos en el que más invierte es en “productos de la refinación del petróleo”, el segundo energético en el cual el sector invierte es en energía eléctrica. El promedio de gasto en productos refinados del petróleo con respecto al gasto total es de 0,84%, mientras que el gasto en energía eléctrica es de 0,13%.

Tabla 60. Los cinco productos en los que más invierte el sector construcción

Producto	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Productos minerales no metálicos.	29%	28%	26%	27%
Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo).	15%	19%	20%	19%
Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios.	10%	10%	12%	15%
Productos de caucho y de plástico.	5%	6%	5%	5%
Minerales no metálicos.	4%	5%	5%	6%

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

El gasto en productos de la refinación del petróleo ha aumentado con respecto al gasto total del sector pasando de 0,25 % en el año 2000 a 1,68 % en 2014 lo que representa un aumento de más del 600 % en la participación del gasto. El gasto en energía eléctrica también ha aumentado, pero no en la misma proporción pasando de 0,07 % a 0,18 % (Figura 229 y Figura 230)

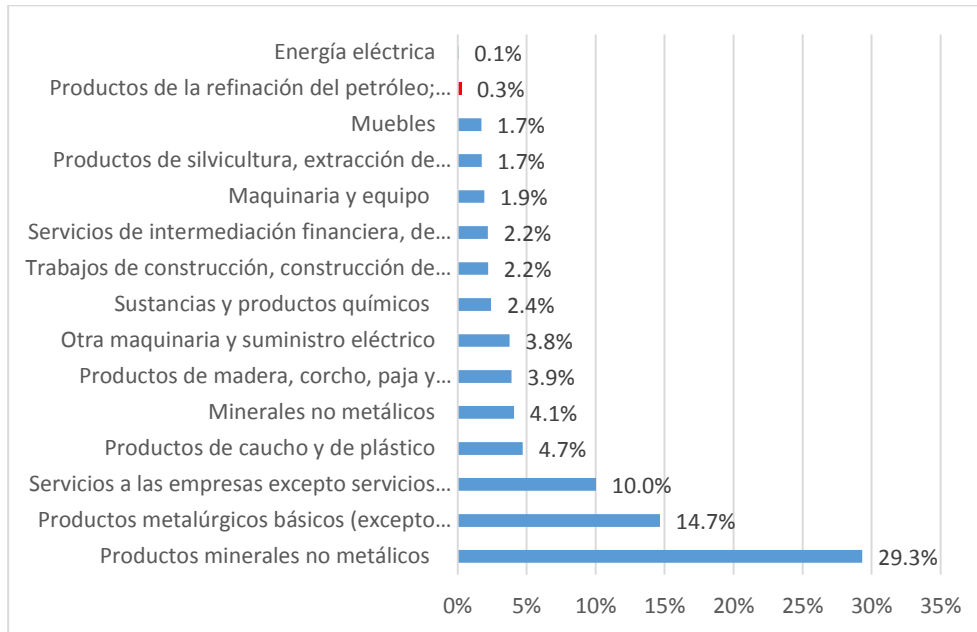


Figura 229. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2000.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

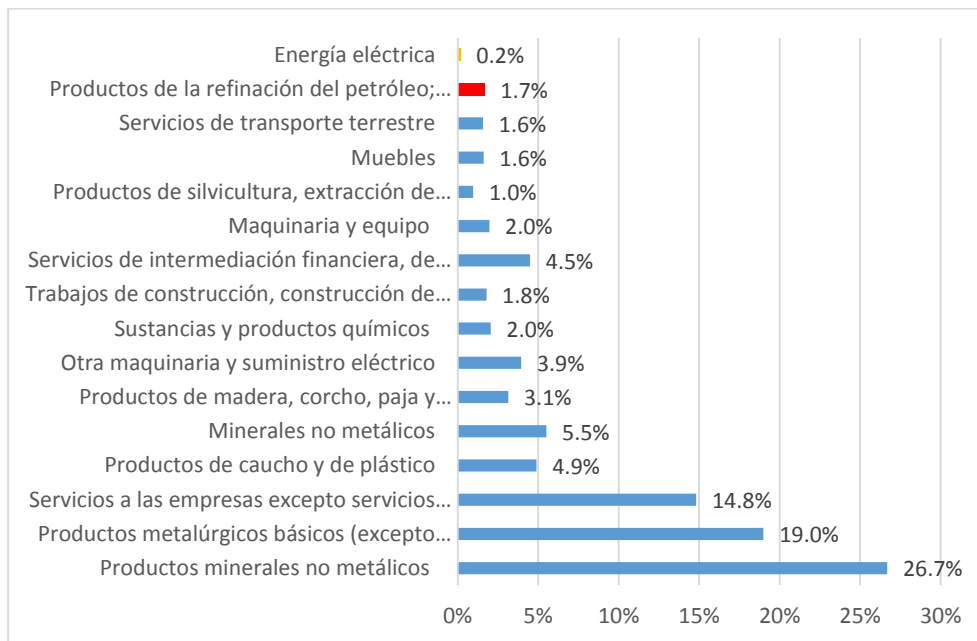


Figura 230. Matriz Insumo-Producto para el Sector Comercio en el año 2014.  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

Tabla 61. Porcentaje de gasto en energía para el sector construcción con respecto al gasto total.

Producto Energético	Participación Por Año			
	2000	2005	2010	2014
Productos de la refinación del petróleo	0,25%	0,48%	0,96%	1,68%
Energía eléctrica	0,07%	0,14%	0,15%	0,18%
<b>Total Gasto en Energía</b>	<b>0,32%</b>	<b>0,61%</b>	<b>1,11%</b>	<b>1,86%</b>

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

En general el gasto en energía ha aumentado en el sector pasando de 0,32 % del total en el año 2000 a 1,86 % para el año 2014 (

Tabla 61).

Dentro del gasto total en energéticos para el sector de la construcción, los productos de la refinación del petróleo han venido ganando participación, pasando de un mínimo de 66% en 2001 a un máximo de 90 % en el 2014. En la Figura 231 se observa el crecimiento exponencial que tiene el gasto en productos de la refinación del petróleo.

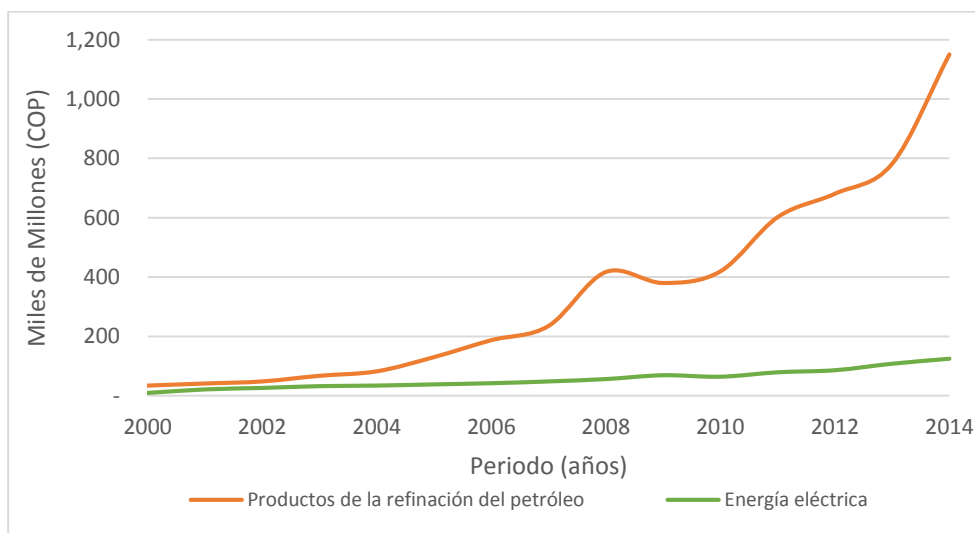


Figura 231. Evolución del gasto en energía para el sector construcción  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

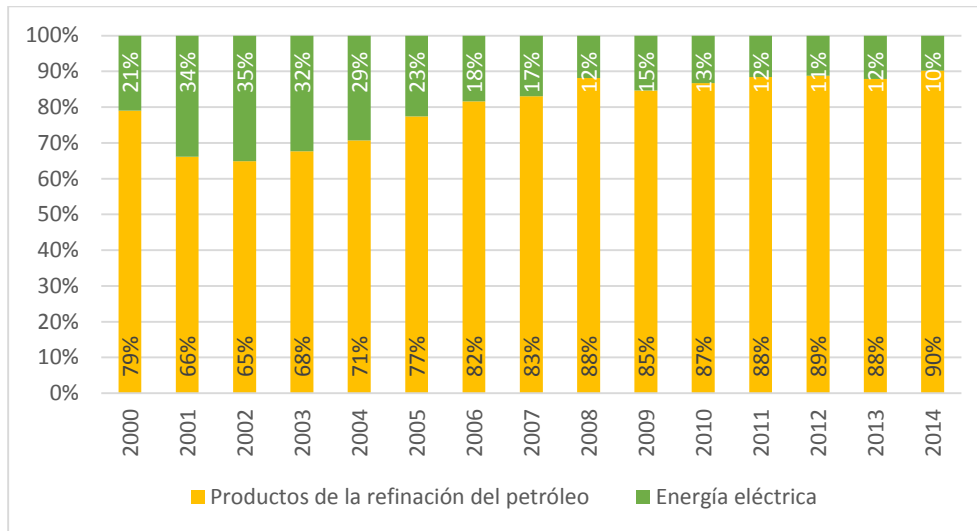


Figura 232. Evolución de la participación porcentual en el gasto por energético para el sector comercio  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

### 7.7.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector construcción con el contexto internacional

#### 7.7.3.1 PIB sector construcción

La participación del PIB del sector construcción colombiano es la más alta de los países comparados con una participación de 9,2 % dentro del PIB nacional, seguido por España con una participación de 8,2 %; Irlanda es el país con la menor participación para el sector construcción como se puede observar en la Figura 233.

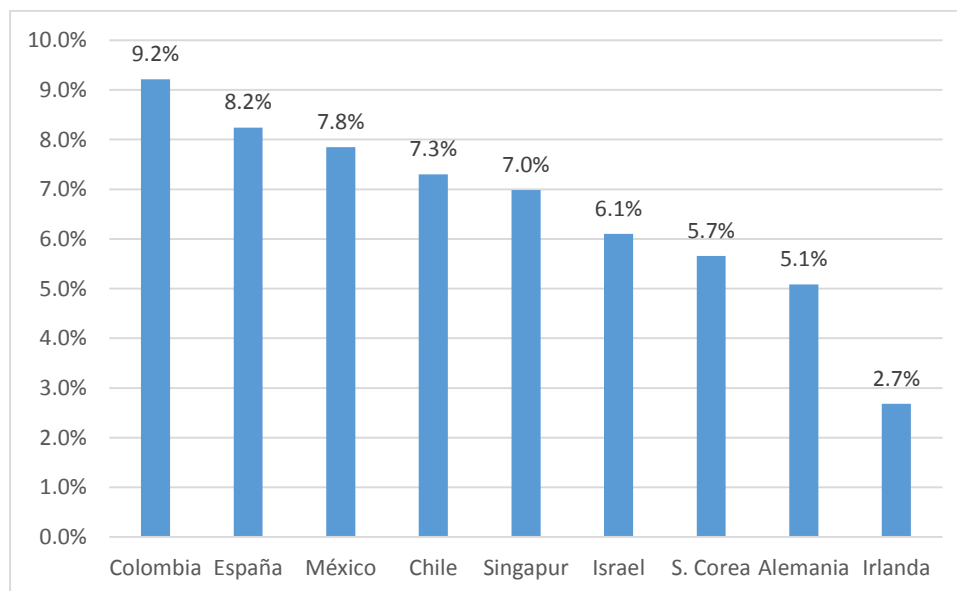


Figura 233. Participación del PIB sectorial dentro del PIB nacional  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)



### 7.7.3.2 Demanda de productos en el sector construcción

Los productos más demandados en el sector construcción colombiano son los productos minerales no metálicos como el vidrio, el cemento o los cerámicos y en segundo lugar los metales básicos.

Tabla 62. Participación de la demanda de productos en el sector construcción para diferentes países (%)

	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Minas y canteras	9,3%	1,3%	0,8%	7,4%	19,4%	0,3%	6,1%	1,7%	1,2%
Madera, productos de madera y corcho	3,1%	7,6%	3,3%	2,1%	0,4%	1,8%	2,2%	0,4%	1,6%
Coque y productos de la refinación del petróleo.	2,3%	4,0%	2,1%	1,4%	0,2%	3,3%	2,9%	0,4%	0,5%
Sustancias y productos químicos	2,3%	2,0%	2,0%	2,5%	2,4%	1,8%	2,3%	1,8%	2,2%
Productos de caucho y plástico	4,9%	3,3%	6,7%	5,2%	3,2%	4,6%	2,8%	0,5%	1,2%
Productos minerales no metálicos	25,2%	20,8%	11,9%	11,6%	10,7%	13,4%	12,5%	3,1%	11,7%
Metales básicos	12,4%	12,3%	1,8%	0,8%	4,8%	15,3%	11,0%	1,0%	2,5%
Productos elaborados de metal	1,8%	10,2%	10,5%	6,1%	9,0%	14,2%	5,8%	4,7%	5,7%
Maquinaria y equipamiento	1,8%	1,6%	3,1%	2,8%	0,7%	6,6%	1,5%	4,6%	1,5%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	2,1%	0,1%	0,5%	2,4%	2,6%	2,0%	0,3%	1,2%	0,8%
Maquinaria y aparatos eléctricos	1,9%	0,3%	8,2%	3,2%	2,0%	6,9%	2,4%	0,9%	3,1%
Industrias manufactureras; reciclaje	1,2%	0,6%	0,2%	0,4%	0,2%	1,5%	0,5%	1,7%	1,8%
Electricidad, gas y agua	0,2%	0,9%	1,3%	0,7%	0,1%	0,5%	0,9%	0,3%	0,9%
Construcción	2,4%	0,1%	11,9%	9,9%	0,2%	0,1%	14,2%	52,5%	34,8%
Comercio mayorista y minorista, reparación	9,5%	11,7%	9,4%	7,3%	12,1%	6,7%	13,8%	8,6%	7,8%
Transporte y almacenamiento	5,4%	3,3%	1,3%	1,7%	6,0%	1,8%	2,8%	3,0%	1,4%
Intermediación financiera	3,9%	5,8%	3,5%	4,1%	4,9%	2,6%	6,8%	1,7%	3,3%
Actividades inmobiliarias	0,5%	1,7%	8,3%	1,3%	0,3%	0,6%	0,4%	1,0%	3,0%
Alquiler de maquinaria y equipo	0,3%	3,4%	3,0%	0,1%	1,5%	0,1%	1,4%	0,3%	3,1%
I + D y otras actividades comerciales	7,5%	6,0%	4,5%	19,4%	18,4%	6,4%	5,7%	6,0%	7,5%

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

En general la demanda de productos en el sector construcción para la mayoría de países se concentra en los productos minerales no metálicos, metales, productos de los metales y productos del mismo sector. Se puede apreciar en la Tabla 62 la alta demanda de servicios de construcción dentro del mismo sector en España con un 34,8% de participación mientras que en Colombia esa actividad apenas se demanda en un 2,4 % dentro de los diez más demandados; el caso de Singapur es todavía más acentuado ya que esta actividad es demandada en un 52,5 %.

Alemania es uno de los países con la mayor diversificación en su demanda lo que demuestra el grado de complejidad de este sector. Irlanda e Israel tienen una demanda alta de actividades de investigación y desarrollo.

Tabla 63. Principales actividades en las que gasta el sector construcción para diferentes países

País	Actividad principal	Actividades secundarias	
Colombia	Productos minerales no metálicos	Metales básicos	Comercio mayorista y minorista, reparaciones
Chile	Productos minerales no metálicos	Metales básicos	Comercio mayorista y minorista, reparaciones
Alemania	Construcción	Productos minerales no metálicos	Productos metálicos
Irlanda	I + D y otras actividades comerciales	Productos minerales no metálicos	Construcción
Israel	Minería y canteras	I + D y otras actividades comerciales	Comercio mayorista y minorista, reparaciones
S. Corea	Metales básicos	Productos minerales no metálicos	Maquinaria y aparatos eléctricos
México	Construcción	Comercio mayorista y minorista, reparación	Productos minerales no metálicos
Singapur	Construcción	I + D y otras actividades comerciales	Productos metálicos
España	Construcción	Productos minerales no metálicos	Comercio mayorista y minorista, reparaciones

Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

La Tabla 63 permite observar que las actividades principales demandadas para el sector de la construcción no son tan homogéneas entre los diferentes países, esto puede mostrar una diferencia entre los sistemas de construcción de diferentes países y el tipo de construcción más demandado, en Colombia la mayoría de la construcción se realiza para vivienda.

Los diez productos más demandados para el sector construcción en Colombia se comparan con la demanda de los mismos productos para el mismo sector en los países de Chile, Alemania, Irlanda, Israel, S. Corea, México, Singapur y España en la Figura 234, en donde el orden de los países obedece a la suma total de los diez principales productos, mayor abajo, menor arriba:

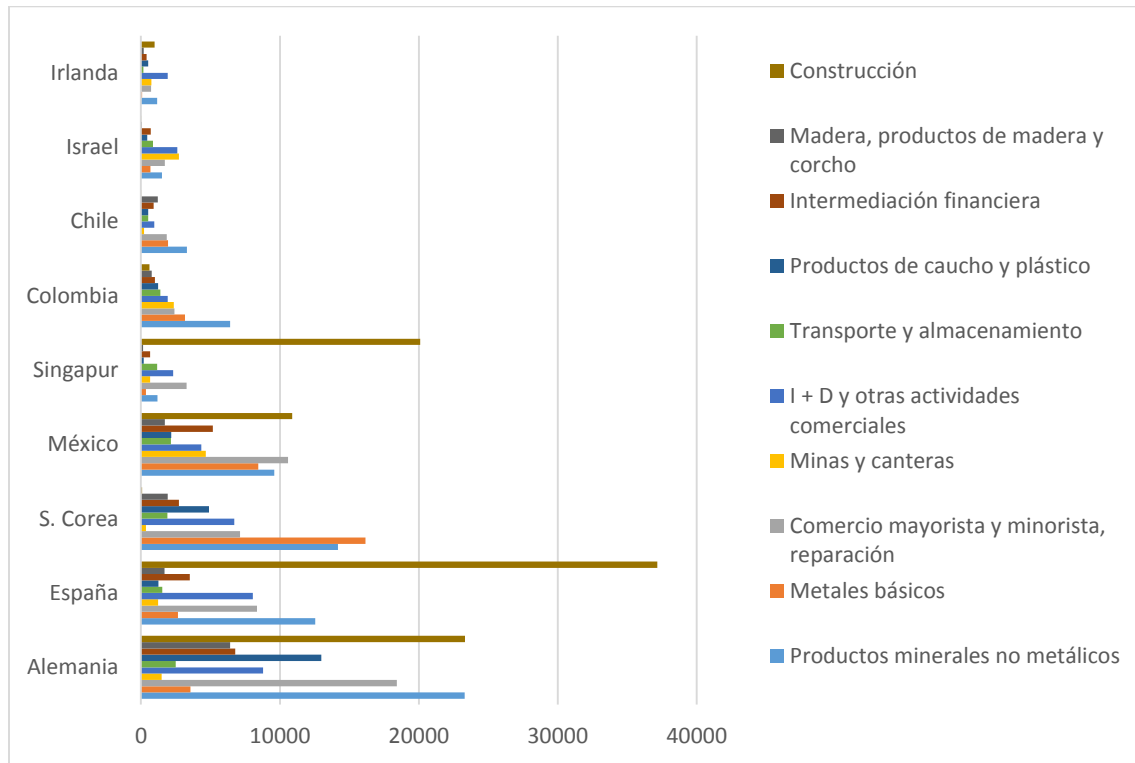


Figura 234. Comparativa de demanda de productos entre países para el sector de la construcción.

Fuente: Matriz Insumo Producto OCDE (2011)

Las economías más demandantes son Alemania, España y S. Corea entre los países comparados; España tiene una alta demanda de productos de la construcción la cual asciende hasta los 37.170 millones de dólares muy superior a la de cualquier otro país, es seguido por Alemania con 23.317 millones de dólares para la misma actividad.

### 7.7.3.3 Oferta y demanda de productos en sector comercio

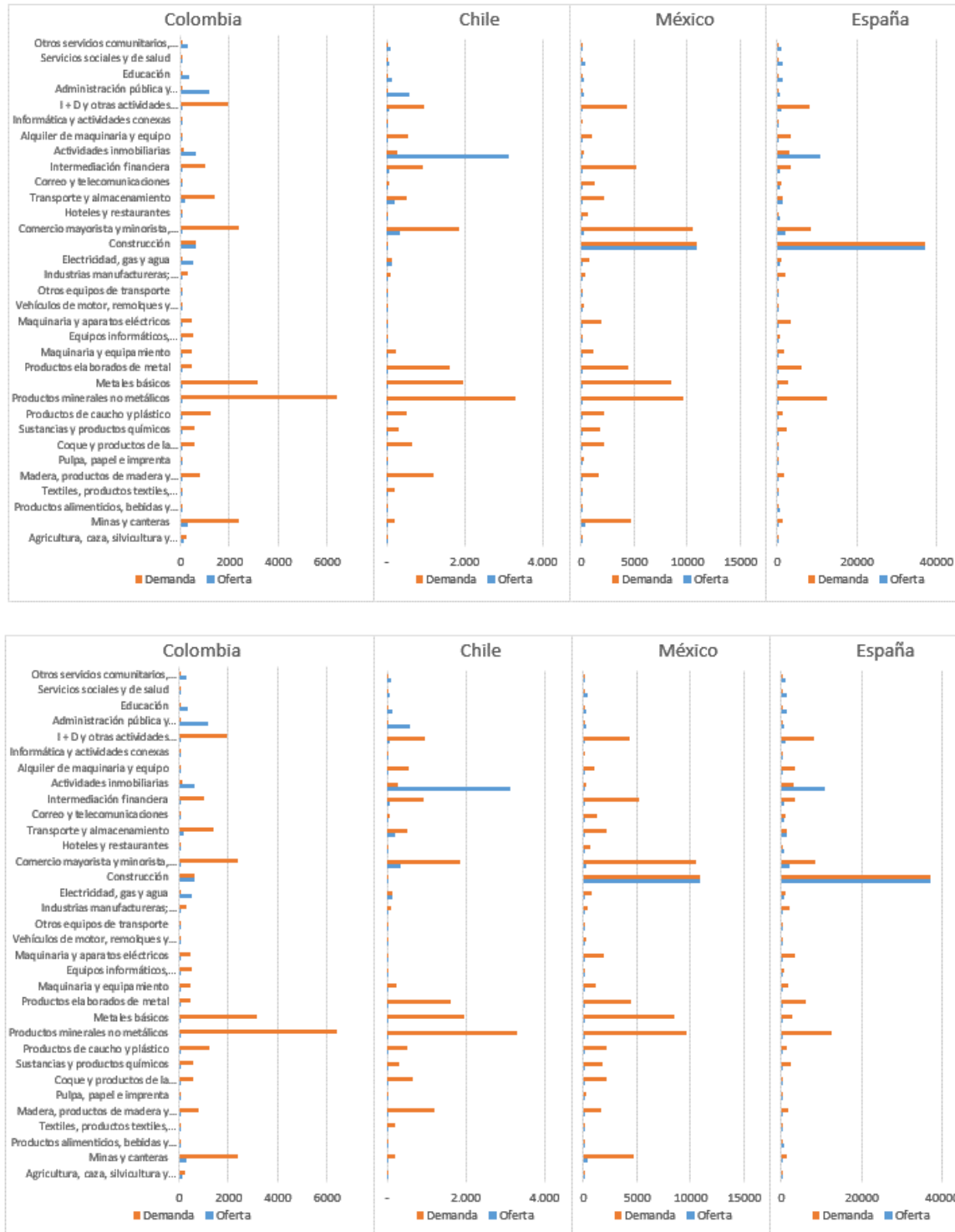


Figura 235. Oferta y demanda de productos en el sector construcción para diferentes países.  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

“Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria” es el producto que más oferta el sector comercio colombiano. En general lo que más oferta el sector construcción en los diferentes países son las actividades inmobiliarias y servicios del mismo sector como lo presenta la Figura 235.

Alemania es el país que presenta mayor diversidad en la oferta de productos en el sector construcción lo que refleja el desarrollo y complejidad de las actividades desarrolladas en este sector.

#### 7.7.3.4 Gasto energético del sector

La Matriz Insumo Producto analizada solo contiene dos grupos energéticos “Coque, productos de la refinación del petróleo (PRP)” y “Electricidad, gas y agua”, con la dificultad de que en este último grupo se agrega el gasto en agua junto a otros energéticos, lo que hace más difícil el análisis desde la perspectiva de demanda energética.

Con respecto al gasto total en energéticos, Alemania es el país más demandante, seguido por S. Corea y México (Tabla 64).

País	Coque, PRP	Electricidad, gas y agua	Total
Alemania	4.159,4	2.564,3	6.723,7
S. Corea	3.472,4	486,9	3.959,3
México	2.189,8	722,3	2.912,1
España	487,5	991,6	1.479,1
Chile	636,0	143,0	778,5
Colombia	585,2	54,3	639,5
Singapur	151,0	113,8	264,8
Irlanda	140,8	72,2	213,0
Israel	34,5	8,1	42,6

Tabla 64. Demanda energética por países en millones de dólares  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

En el sector de la construcción Colombia tiene una demanda energética parecida a la de Chile y está muy por encima de Singapur, Irlanda e Israel cuyo gasto en energéticos es casi nulo.

La relación entre el PIB generado en el sector y el gasto en energía se presenta a en la Tabla 65

País	PIB sectorial/Gasto en energía
Israel	622,3
Singapur	187,6
España	145,5
Colombia	81,5
Irlanda	64,5
México	52,6
Alemania	51,6
Chile	43,2
S. Corea	42,3

Tabla 65. PIB sectorial generado por gasto en energía  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

Colombia tiene una relación entre el PIB sectorial y el gasto en energía de 81,5 lo que significa que por cada peso que se invierte en energía se producen 81,5 pesos de PIB sectorial. Israel es el país con la relación más alta con 622,3 de PIB por energía.

En la Figura 236 la inversión en energía realizada en el sector se compara con la demanda energética total del país con el objetivo de determinar el peso energético del sector dentro de la demanda energética total.

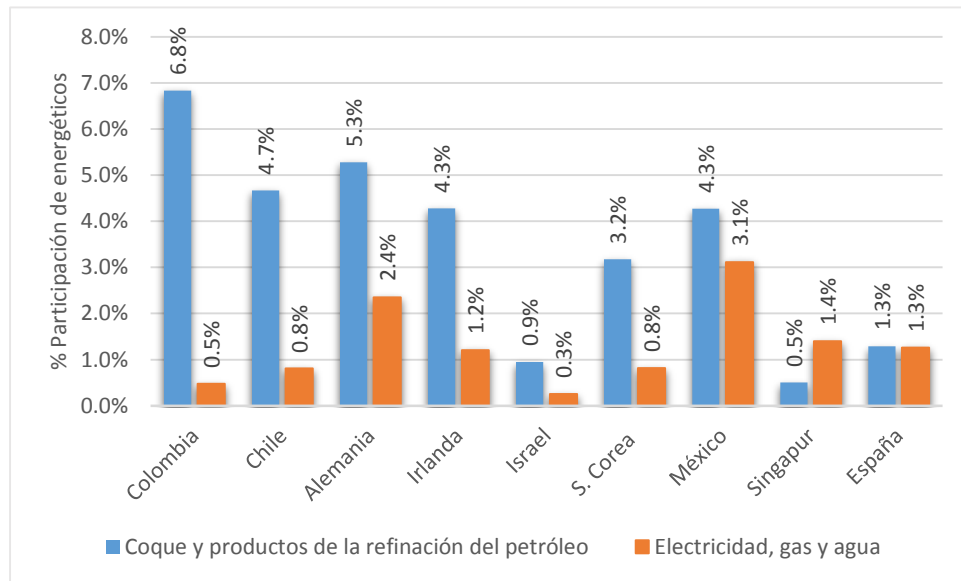


Figura 236. Participación del gasto en energía del sector dentro del gasto energético del país  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

El sector construcción colombiano es de los que más gasta en energía con respecto a los países comparados con un 6,8% de participación en el gasto nacional de productos de la refinación del petróleo. En la mayoría de los países el sector construcción demanda principalmente productos de la refinación del petróleo por encima de electricidad.

La participación del gasto en energía dentro del gasto total del mismo sector para cada país es mostrada en la Figura 237 Chile y México son los países con la mayor participación de energéticos en el gasto del sector construcción.

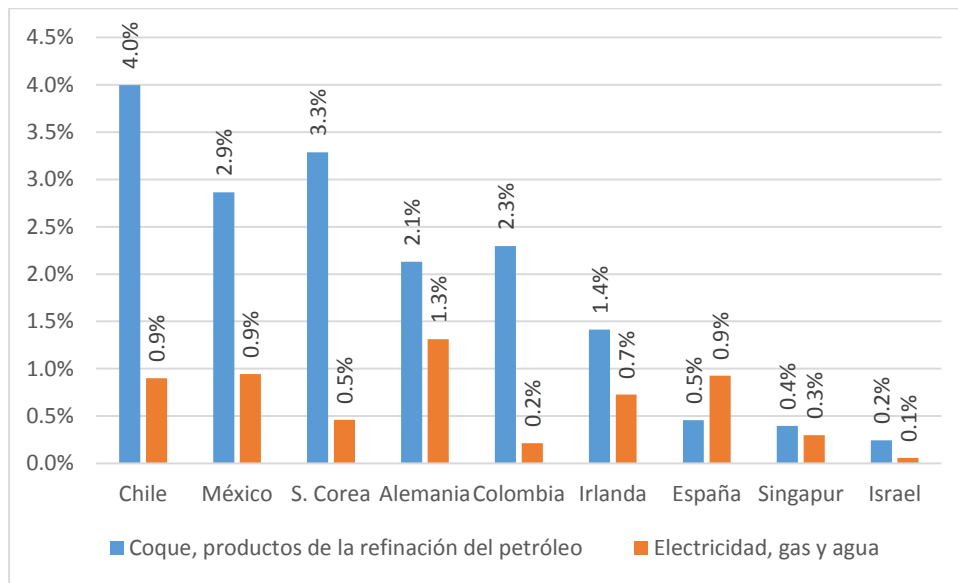


Figura 237. Participación de la demanda energética dentro del sector  
Fuente: Matriz Insumo Producto, OCDE (2011)

#### 7.7.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector construcción

Como insumos para la construcción se encuentran los materiales de construcción como el cemento, la arena, el acero etc. y el agua, además de los energéticos usados en los diferentes procesos del sector. En este sector son comunes las plantas eléctricas que funcionan con combustibles líquidos ya que no siempre se cuenta con la disponibilidad de energía eléctrica. La Figura 238 presenta la cadena de valor para el sector construcción.

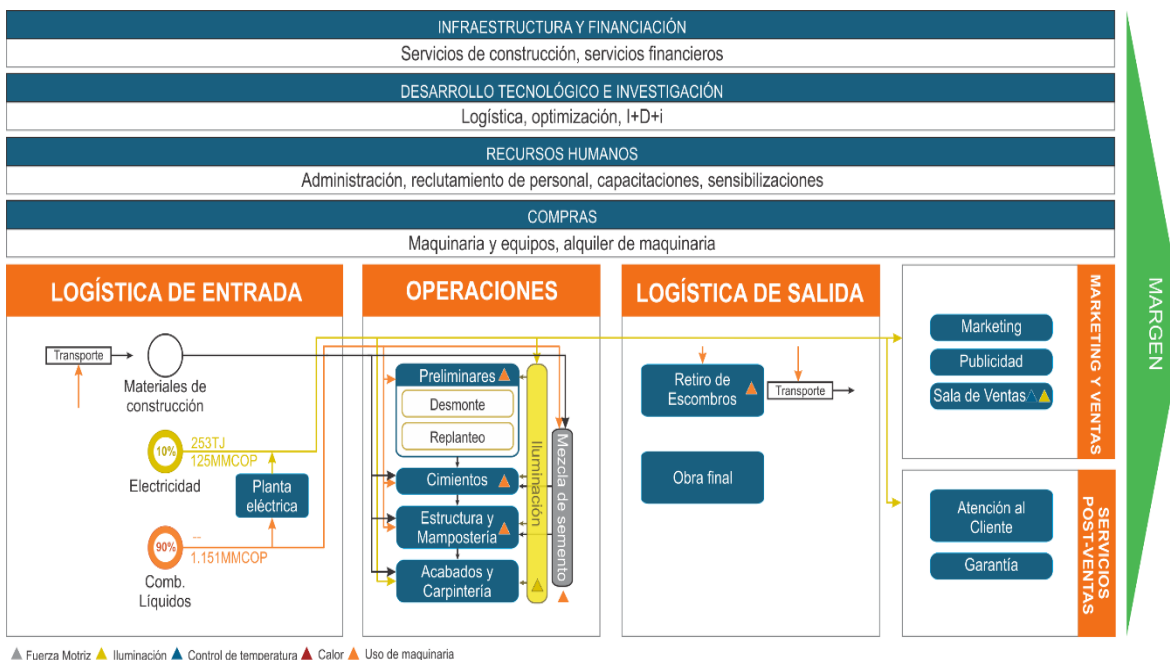


Figura 238 Cadena de valor sector Construcción

#### 7.7.4.1 Consumo energético del sector

Para determinar el consumo energético del sector se tomó como referencia el Balance Energético Colombiano (BECO) realizado por la UPME y la Matriz Insumo Producto realizada por el DANE, estas fuentes reportan el consumo del sector en unidades de energía (TJ) y en gasto de dinero (Miles de millones de pesos) respectivamente. Los valores se muestran en la Tabla 66.

Tabla 66. Consumo Energético Sector Construcción (2014)

Energético	Consumo TJ	Gasto MMCOP
EE SIN	252	125
Com. Líquidos	-	1.151
GN/GLP	193*	-
<b>TOTAL</b>	<b>445</b>	<b>1.276</b>

Fuente: UPME, DANE

\* El dato de consumo de gas natural en el sector construcción solo está reportado para el año 2014, en los demás años no existe reporte de consumo.

La información del BECO no reporta consumo de combustibles líquidos para el sector y reporta un único dato de consumo de gas natural para el año 2014, mientras que para el mismo año la Matriz I-P reporta un gasto dominado por los combustibles líquidos, con un 90 % del gasto total en energéticos y a su vez indica que el sector no gasta en gas natural.



## 7.8 Sector Generación de energía eléctrica

### 7.8.1 Descripción histórica del consumo de energía del sector generación de energía eléctrica e identificación de hitos que afectaron la intensidad energética

Para el sector de generación de energía se emplearon las mismas fuentes de información: la IEA, el balance económico presentado por la Fundación Bariloche y por la UPME. Si se analiza la variación del consumo energético del sector en general, se puede evidenciar que los valores presentados por la IEA son ligeramente menores que los presentados por las otras dos fuentes de información, y que los datos presentados en el BECO por su lado, muestran un pico de consumo energético en el año 2011 que no se tiene en la variación presentada por la IEA. Desde 1980 hasta 2005 la tendencia para las dos fuentes de información revisadas se conserva.

La Figura 239 permite observar que la demanda energética presenta un crecimiento del 104% entre 1980 y 1998. En 1999 se da una disminución del 10 % respecto al año anterior, reflejo de la crisis económica por la cual estaba pasando el país.

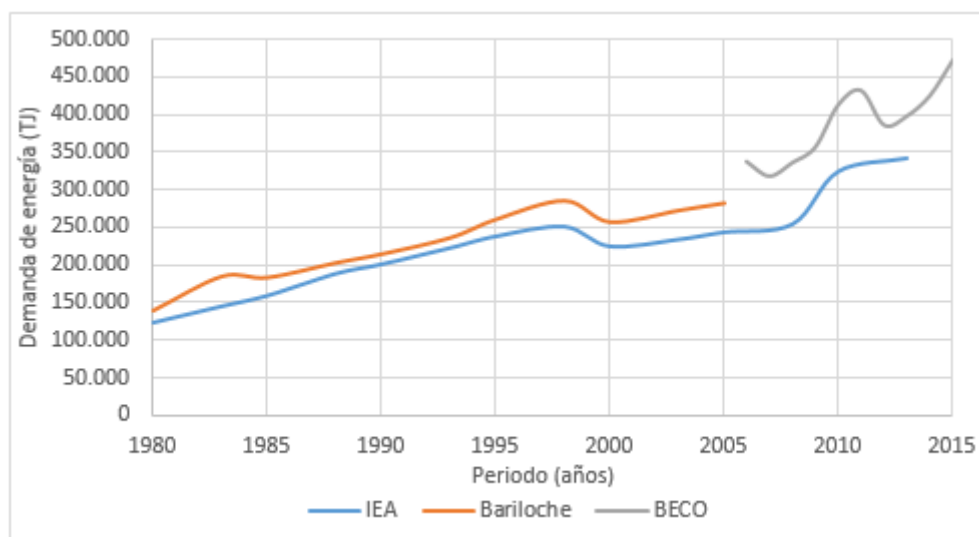


Figura 239. Variación de la demanda energética del sector generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La variación de la generación de energía es congruente y muestra el mismo comportamiento que la variación de la demanda energética del sector, entendiéndose esto, que para suplir la demanda interna, fue necesario un mayor consumo de fuentes energéticas.

Los valores presentados de generación de energía por las tres fuentes de información tienen mayor similitud entre ellos, dado que las únicas variables a tener en cuenta son la generación de energía eléctrica y la autogeneración, a diferencia de la demanda energética que contempla diferentes fuentes energéticas como se expondrá más adelante

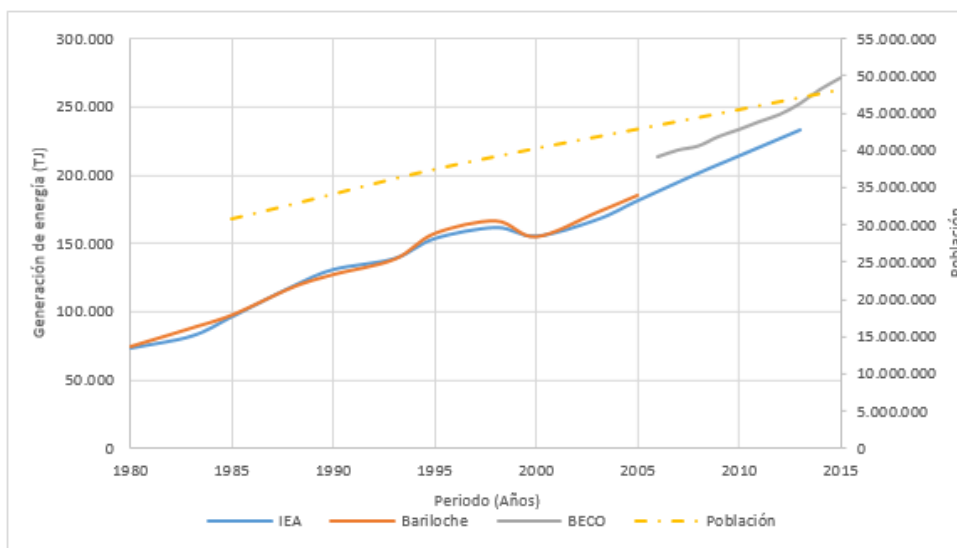


Figura 240. Variación de la generación de energía en comparación con el aumento poblacional  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Al analizar la relación entre la generación y el crecimiento poblacional presentado en la Figura 240 para el periodo en estudio, se puede observar que la tasa de crecimiento de la población es menor a la de generación, indicando de esta manera que a lo largo de los años el consumo energético per cápita ha aumentado impulsado por el crecimiento socioeconómico.

El sector de generación de energía se puede dividir principalmente en tres subsectores: centrales hidroeléctricas, centrales térmicas, y central de auto y cogeneración. Esta división la presenta tanto Bariloche como BECO, más no la IEA.

Si se compara la energía consumida según los subsectores (Figura 241), las centrales hidroeléctricas son las que mayor consumo energético representan, seguidas por las centrales térmicas. Los datos presentados por Bariloche permiten visualizar una tendencia constante para el consumo energético en los tres subsectores, contrario a lo que sucede con los datos presentados por BECO, en donde los datos relacionados con centrales hidroeléctricas y centrales térmicas presentan picos de consumo asociados con efectos meteorológicos. Para el año 2011 el consumo energético de las centrales hidroeléctricas aumenta 70 % con respecto al año anterior y presenta su pico más alto llegando a 264.600 TJ. Al mismo tiempo, las centrales térmicas muestran una disminución de 60 %, pudiéndose decir que estos dos subsectores son complementarios en el sentido en que a media que uno disminuye su capacidad de generación y por ende su consumo, el otro la aumenta, logrando cubrir de esta forma la demanda energética nacional.

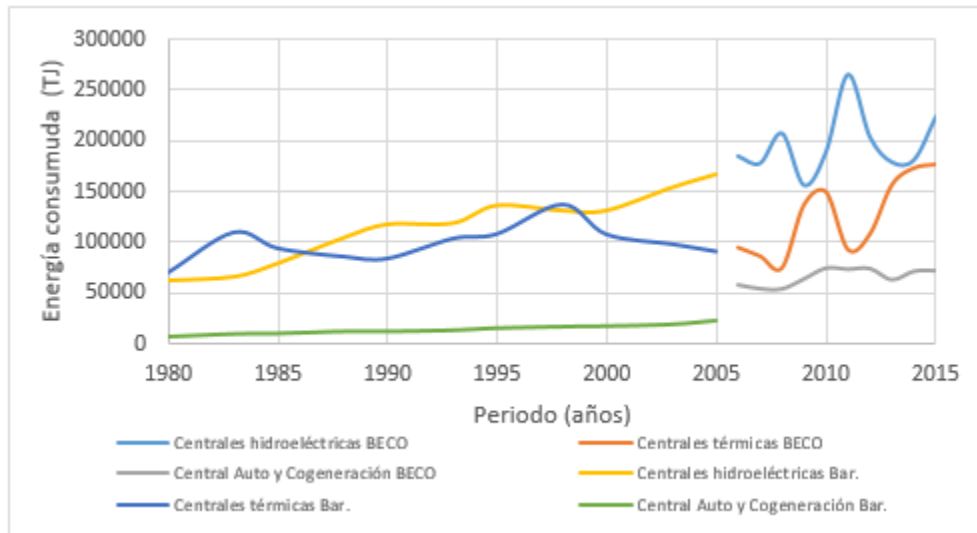


Figura 241. Variación del consumo energético por subsector- generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

Los datos presentados por el BECO permiten observar que existe un incremento importante en la demanda a partir del 2012. El aumento presentado en 2015 con respecto al 2014 fue 11 %, valor congruente con lo que se presenta en el Informe de Operación del SIN y Administración del Mercado, en donde se expone que el aumento de la capacidad registrada en el 2015 con respecto al 2014 fue del 11% debido principalmente a la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas El Quimbo, Carlos Lleras, Cucuana, San Miguel, Bajo Tulua y Providencia , así como las centrales térmicas Gecelca y Tasajero. [71]

En cuanto a la variación de la generación de energía por subsector presentada en la Figura 242, se puede observar que las centrales hidroeléctricas son las que más aportan, seguidas de las centrales térmicas. Sin embargo, al analizar el consumo de energía primaria para su posterior transformación es posible observar que las centrales térmicas requieren grandes cantidades de energía para lograr aportar una unidad de electricidad (kWh) al mercado; cantidades que son mayores a las que necesita una hidroeléctrica para lograr aportar la misma unidad de energía. Esto está relacionado con las eficiencias de cada uno de los sistemas; en el caso de las plantas hidroeléctricas, los datos muestran un valor cercano al 90 %, mientras que en las plantas térmicas este parámetro está alrededor del 35 %. ES importante resaltar que si bien es cierto que las centrales termoeléctricas poseen menores eficiencias que las hidroeléctricas, el valor de su eficiencia promedio ha venido en constante aumento durante los últimos años, pasando de 26 a 44 % aproximadamente entre 1980 y 2015. Esto puede estar relacionado con la instalación de plantas de ciclo combinado junto con la implementación de quemadores de gas natural como combustible en los hogares de combustión.

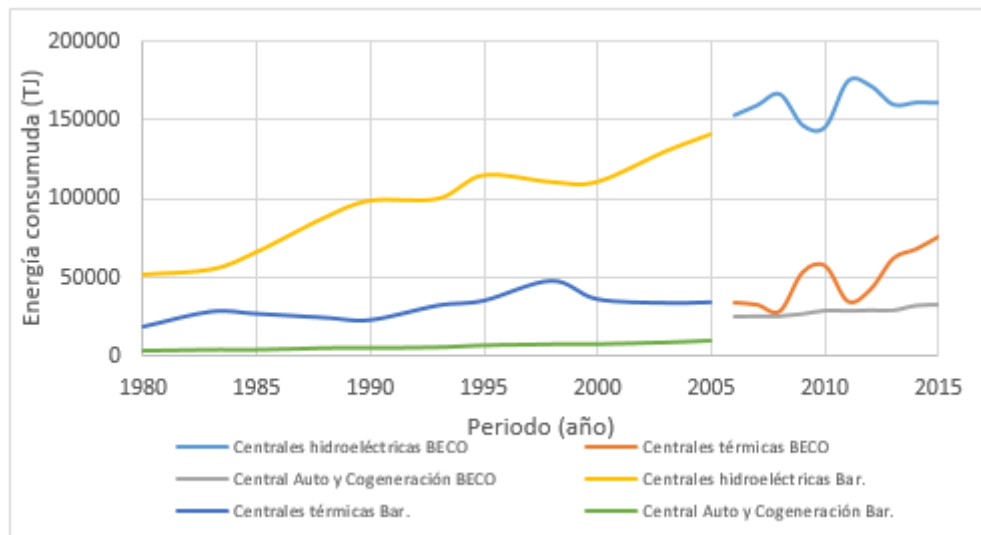


Figura 242. Variación en la generación por subsector- generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

El anterior comportamiento se presenta también al momento de calcular la eficiencia de la generación (Figura 243), los datos presentados por Bariloche se traducen en eficiencias casi constantes hasta el 2005, mientras que los datos presentados por BECO permiten ver una gran variación.

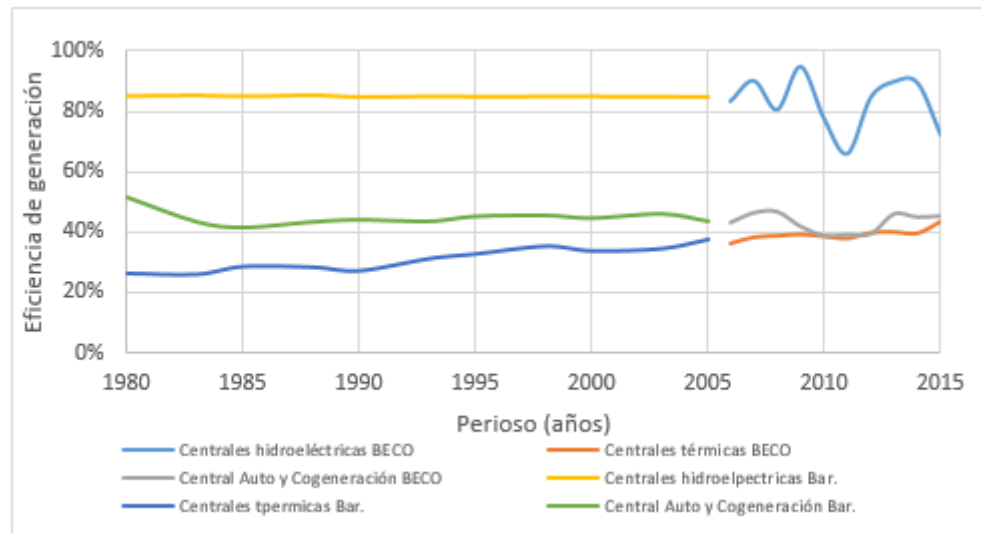


Figura 243. Variación de la eficiencia de generación por subsector- generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

El subsector de auto y cogeneración presenta un incremento en 2006 del 148 % en la generación y del 153 % en el consumo con respecto al 2005. Esta tendencia se puede deber a las resolución CREG 071 de 2006 que establece la remuneración mensual para los generadores que se comprometen a poner energía disponible para el sistema cuando el precio de bolsa alcanza el denominado Precio de Escasez. [72]

### 7.8.1.1 Consumo energético por fuente

El subsector de generación de energía emplea la hidroenergía, gas natural, carbón, derivados del petróleo, biocombustibles y energía eléctrica como fuentes energéticas. La hidroenergía tiene una participación de alrededor del 50% siendo esta la principal fuente para la generación de energía. El gas natural por su parte, ocupa el segundo lugar con consumos que varían desde los 50000 TJ/año hasta los 100000 TJ/año. El carbón, también tiene una participación importante que en años como 1993 y 1995 presenta consumos muy similares a los de gas natural.

### 7.8.1.2 Centrales hidroeléctricas

Debido a la naturaleza de la tecnología, la hidroenergía representa la fuente energética empleada para este subsector. La eficiencia de generación de este sector varía del 70 al 90%, por lo que los valores de generación de energía se encuentran muy cercanos a los valores de consumo.

La variación de consumo de hidroenergía está directamente relacionada con los fenómenos naturales como el fenómeno del niño, en donde debido a las altas temperaturas, la disponibilidad del recurso se ve afectada, haciéndose necesario emplear otras fuentes y tecnologías para la generación.

La Figura 244 permite observar que hacia el año 1992, se presenta un punto de consumo bajo debido a que el nivel de embalses agregados estuvo al 30 % del total del embalse máximo útil del sistema interconectado, producto del fenómeno el niño. En 1998 el país experimentó nuevamente las consecuencias del fenómeno del niño y los niveles de embalses cayeron nuevamente a valores por debajo del 70 %. [20] El 2009 fue otro año en el que hubo presencia del fenómeno del niño, razón por la cual el consumo de hidroenergía presenta una disminución del 25 % con respecto al año anterior.

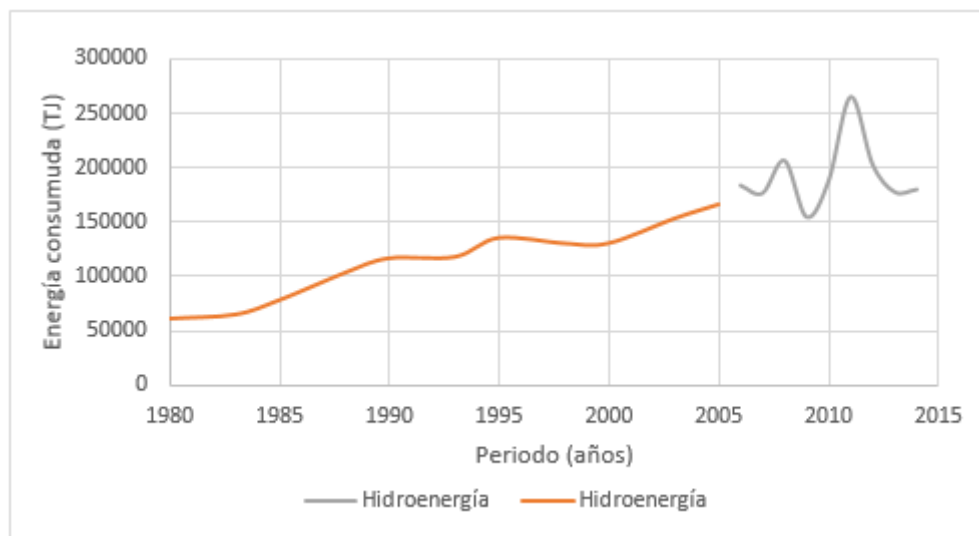


Figura 244. Variación del consumo de hidroenergía en centrales hidroeléctricas  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

### 7.8.1.3 Centrales térmicas

Para el caso de las centrales térmicas, se tienen el carbón y gas natural como principales fuentes energéticas, siendo el gas natural el de mayor participación como se muestra en la Figura 245. La eficiencia de generación está alrededor del 30%, por lo que claramente se puede ver que la energía generada corresponde a aproximadamente un tercio de la energía consumida para este fin.

La variación de consumo de gas natural se muestra inversamente proporcional con la de la hidroenergía. En 1998 y 2009 se observan picos de demanda, dado los fenómenos del niño por los que atravesó el país que impulsaron la generación de energía en centrales térmicas debido a la falta de recurso hídrico. [72]

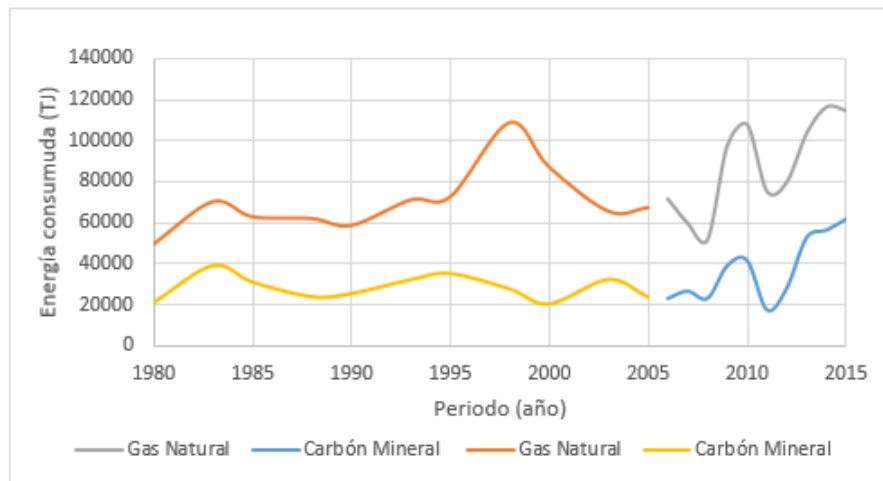


Figura 245. Variación del consumo de gas natural y carbón en centrales térmicas  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

La tendencia muestra que a partir de 1990 se da un incremento en el consumo de gas natural. Si se compara el consumo de 1993 con el de 1990, se tiene que éste tuvo un aumento del 21 %. Este comportamiento tiene relación con la aprobación del programa para la masificación del consumo de gas en el país, que se dio en 1991 por parte del CONPES. Este programa establecía dentro de una política macroeconómica y energética integral, las facilidades para la construcción de gasoductos y la posibilidad de distribución a cargo de empresas privadas o mixtas [73] con lo cual se logró incentivar el uso del gas natural.

Adicionalmente se puede observar cómo cada vez que se tiene un fenómeno del niño y que se requiere mayor funcionamiento de las centrales termoeléctricas, se presenta un desbalance en el sistema de gas natural debido a que su disponibilidad depende del abastecimiento, contrario con lo que sucede con el carbón natural, para el cual existen reservas.

### 7.8.1.4 Central auto y cogeneración

La Figura 246 presenta las fuentes empleadas para el subsector de auto y cogeneración, las cuales son más variadas que para los demás sectores. Se tienen fuentes como bagazo, carbón mineral, gas natural, hidroenergía, petróleo y recuperación de residuos.

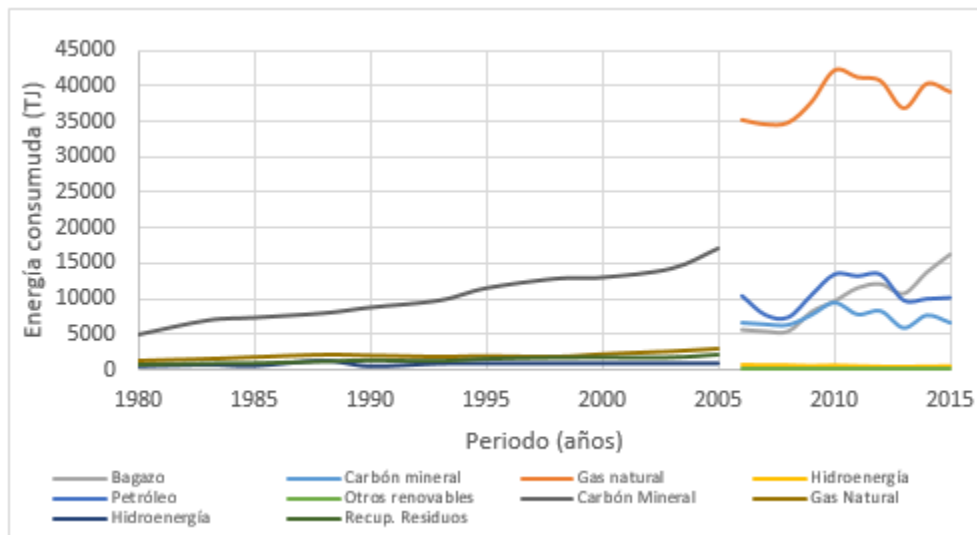


Figura 246. Variación del consumo de energéticos en centrales de auto y cogeneración

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Bariloche y BECO

Bariloche presenta que el carbón mineral es la fuente de mayor consumo, mientras que BECO presenta por su lado que es el gas natural. En general los valores para las fuentes energéticas contempladas en Bariloche están por debajo que los valores para las mismas fuentes tomadas de BECO. La eficiencia de generación para este subsector es de aproximadamente 40 %.

A continuación en la Tabla 67 y la Figura 247 se muestran de manera resumida los principales hitos que tuvieron influencia en el sector de generación de energía en el periodo estudiado de 1980 a 2016.

Tabla 67. Principales hitos para el sector de generación de energía

Fecha	Acontecimiento
1991	Programa para la masificación del consumo de gas natural en el país
1992	Fenómeno del niño. Los embalses alcanzaron el 30% del nivel máximo útil. Racionamiento de energía
1998	Fenómeno del niño. Embalses por debajo del 70% del nivel máximo útil
2006	Resolución CREG 071. Remuneración mensual para generadores que se comprometen a poner energía disponible cuando se alcance el Precio de Escasez
2009	Fenómeno del niño. Importante participación de las centrales térmicas
2015	Aumento en la capacidad de generación por la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas El Quimbo, Carlos Leras, Cucuana, San Miguel, Bajo Tuluá y Providencia y las centrales térmicas Gecelca y Tasajero

Fuente: Elaboración propia

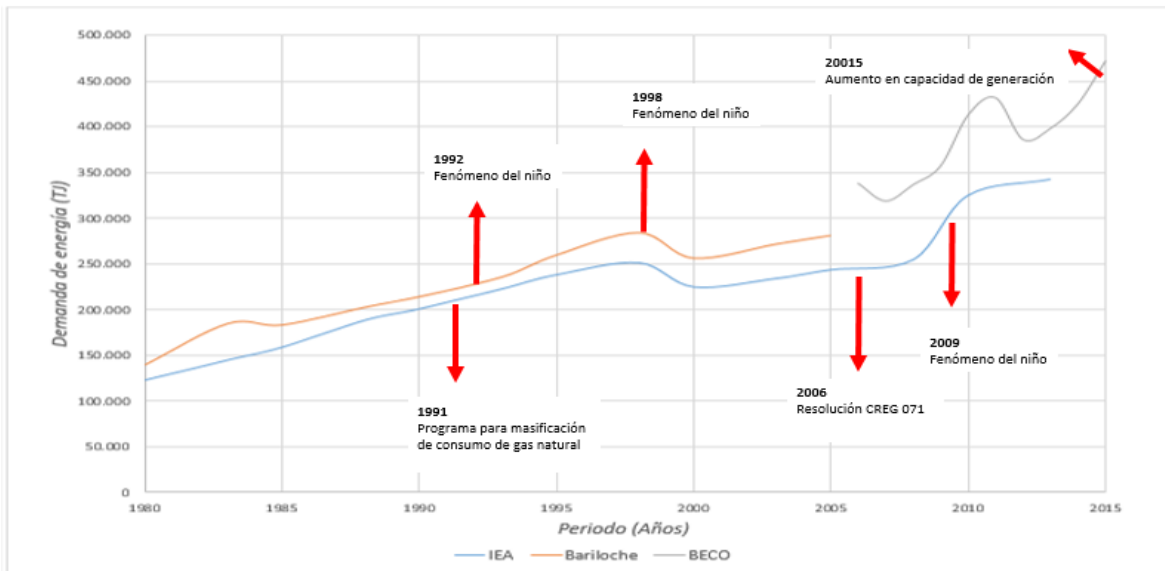


Figura 247. Línea del tiempo con principales hitos para el sector de generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de IEA, Bariloche y BECO

La variación en la capacidad de generación de tanto centrales hidroeléctricas como termoeléctricas es un factor importante a la hora de analizar la evolución del sector de generación de energía en el país. Las siguientes tablas (Tabla 68 y Tabla 69) muestran la fecha de apertura y capacidad de las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas respectivamente.

Tabla 68. Centrales hidroeléctricas en Colombia

Central Hidroeléctrica	Capacidad Instalada (MW)	Fecha Apertura
Municipal (CHEC)	1,8	1935
Intermedia (CHEC)	0,9	1947
San Cancio (CHEC)	2,4	1947
Insula (CHEC)	39	1951
Albán	429	1955
Esmeralda (CHEC)	30	1963
Calima (CVC)	132	1966
San Francisco (CHEC)	270	1969
Hidroprado	136	1973
Chivor (ISA)	1000	1977
Playas (EPM)	201	1979
Guatapé (EPM)	560	1979
San Carlos (ISAGEN)	620	1984
Salvajina (EPSA)	285	1985
Betania (endesa)	540,9	1987
Jaguas (ISAGEN)	170	1988
Urrá	340	1999
Miel I (ISAGEN)	396	2002
Porce II (EPM)	405	2011
Amoyá La Esperanza (ISAGEN)	80	2013
Sogamoso (ISAGEN)	819	2014
Cucuana (E.S.P.)	55	2015
Carlos Lleras	78,2	2015
El Quimbo (EMGESA)	400	2015

Fuente: Elaboración propia



La Figura 248 muestra una línea del tiempo de las centrales hidroeléctricas y su capacidad instalada acumulada. Se puede observar que de 1960 a 1970 se tuvo un crecimiento en la capacidad total de 44 MW a 905 MW y que en 1990 el valor alcanzado fue de 4758 MW. Desde 1990 hasta la fecha, se han puesto en operación 5 centrales hidroeléctricas llegando a una capacidad total de 6991,2 MW.

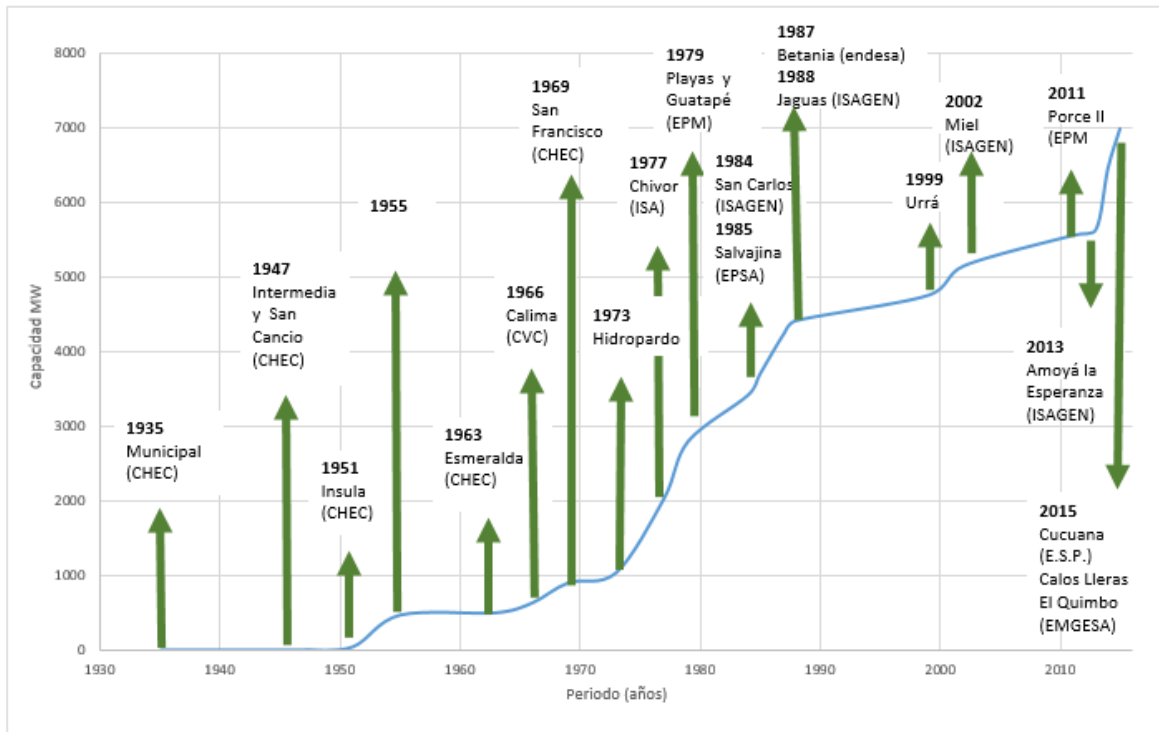


Figura 248. Línea del tiempo centrales hidroeléctricas  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 249 por su parte, corresponde a la línea del tiempo para las centrales termoeléctricas. Se puede observar que la aparición de este tipo de sistemas tuvo lugar 28 años después que las centrales hidroeléctricas. La variación de la capacidad instalada acumulada muestra que de 1997 a 2000 se tuvo el mayor crecimiento pasando de 1456 a 3727 MW, lo que corresponde a un aumento del 156 %. Por otra parte, el aumento presentado de 1990 a 2016 fue del 31, 5 %

Tabla 69. Centrales termoeléctricas en Colombia

Central Termoeléctrica	Capacidad Instalada (MW)	Fecha Apertura
Termopaipa I	31	1963
Termozipa II	34	1964
Termopaipa II	72	1975
Termozipa III	63	1976
Termobarranquilla III	56	1980
Termobarranquilla IV	56	1980
Termocartagena II	60	1980
Termocartagena III	66	1980
Termozipa IV	64	1981
Termopaipa III	70	1982
Termogujaira I	149	1983

Central Termoeléctrica	Capacidad Instalada (MW)	Fecha Apertura
Tasajero I	163	1985
Termozipa V	64	1985
Termoguajiral	151	1987
Proeléctrica I	45	1993
Proeléctrica II	45	1993
Termoflores I	160	1993
Termocartagena I	61	1995
Termodorada	46	1997
Tabsab	791	1998
Termomeriélectrica	167	1998
Termosierra	364	1998
Termocali	213	1999
Termopaipa IV	154	1999
Termopierdras	3,75	1999
Termocandelaria I	157	2000
Termocandelaria II	158	2000
Termocentro	264	2000
Termoyopal I	19,9	2004
Termoyopal II	30	2004
Cimarrón	19,9	2007
Morro I	19,9	2007
Morro II	19,9	2007
Termoflores IV	450	2011
Termovalle	197	2011
Purificación	8	2014
Gecelca	164	2015
Tasajero II	165	2015
AUTOG Argos Cartagena	9,9	2016
AUTOG Argos Yumbo	9,9	2016
AUTOG Reficar	9,9	2016
AUTOG Unibol	1,1	2016
AUTOG yaguarito	1,6	2016
Doña Juana	1,7	2016
Tequendama Biogas	2,25	2016
Termobarranca I	12	2016
Termobarranca III	24	2016
Termobolivar	9,7	2016

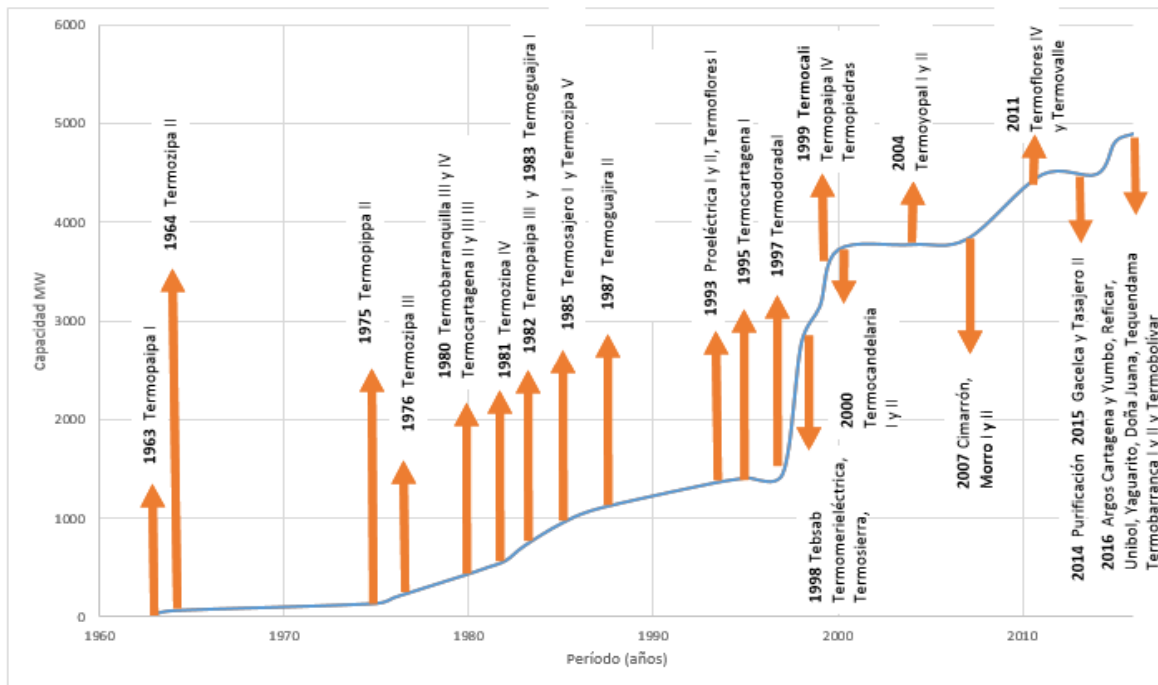


Figura 249. Línea del tiempo centrales termoeléctricas  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la variación de la capacidad total acumulada del sector de generación de energía, se puede observar en la Figura 250, que las centrales hidroeléctricas tiene un mayor aporte, sin embargo el crecimiento y desarrollo de centrales termoeléctricas es un factor a destacar en especial en los últimos años.

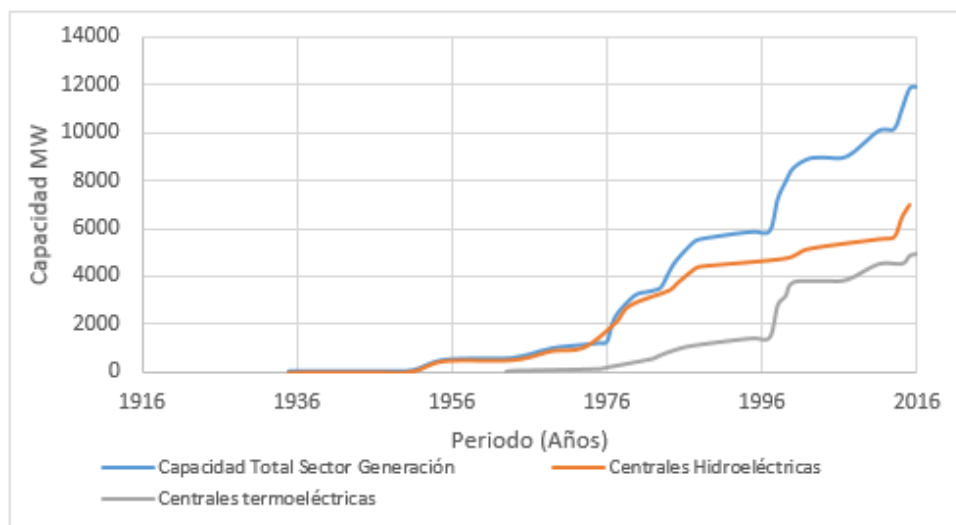


Figura 250. Variación de la capacidad instalada acumulada discriminada por tipo de central  
Fuente: Elaboración propia

### 7.8.2 Análisis de la matriz insumo-producto del sector generación de energía eléctrica a nivel nacional

Para el análisis del sector de generación de energía haciendo uso de la matriz de insumo producto se tuvo en cuenta únicamente la energía eléctrica.

Las fuentes energéticas empleadas para la generación de energía se muestran en la Figura 251 y corresponden a:

- carbón mineral
- petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio
- productos de refinación del petróleo y combustible nuclear
- energía eléctrica,
- gas domiciliario

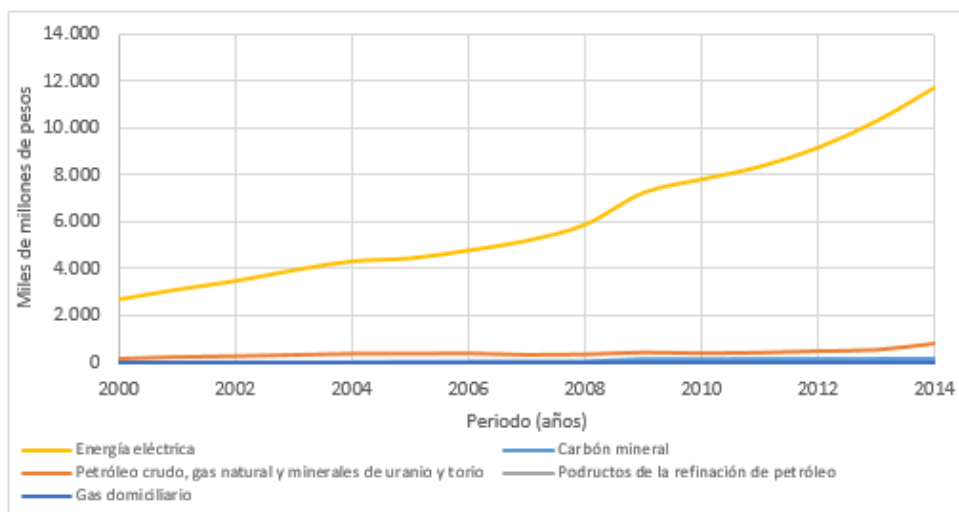


Figura 251. Variación del consumo en dinero sector generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

La variación del consumo de energía eléctrica para el sector de generación de energía muestra una tendencia creciente iniciando en 2700 miles de millones en el 2000 y presentando un aumento del 335 % hasta alcanzar 11751 miles de millones en 2014.

El porcentaje de participación de fuentes energéticas se muestra en la Figura 252 en donde se puede evidenciar que éste está liderado por la energía eléctrica con porcentajes cercanos al 90 %, seguido por el petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio con un porcentaje que varía desde el 4,8 % en su valor mínimo para el 2011 hasta el 8,22 % en su valor máximo para el 2004. El carbón mineral se posiciona en tercer lugar con un porcentaje de participación a lo largo de los años que no excede el 2 % con un valor máximo de 1,89 % en el año 2011.

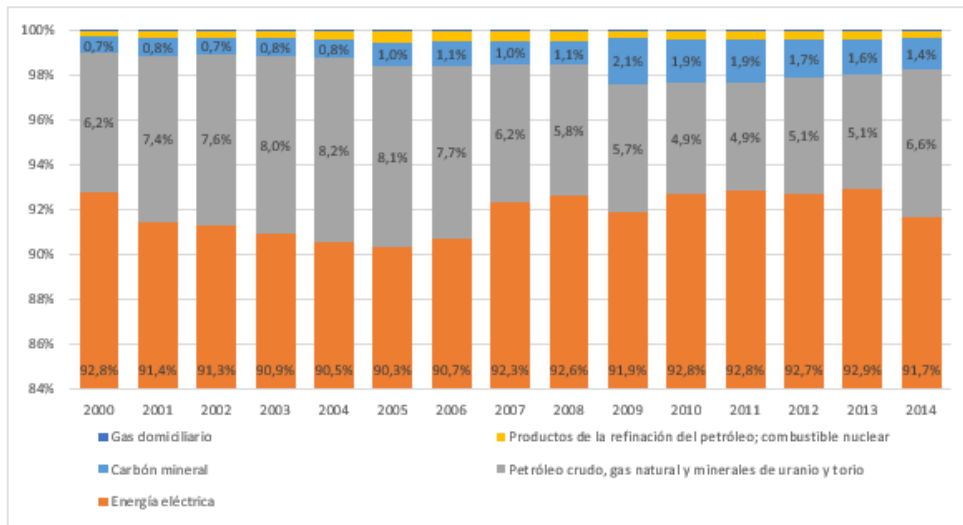


Figura 252. Variación del porcentaje de participación de los energéticos – sector de generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

El gas domiciliario por su parte es el que menor porcentaje de participación tiene en comparación con las demás fuentes energéticas empleadas para la generación de energía.

Debido a la alta participación que tiene la energía eléctrica sobre las demás fuentes energéticas, se hace necesario realizar un análisis en donde no se contemple esta fuente, para poder visualizar de manera más clara el comportamiento de las demás fuentes (Figura 253). Como resultado se tiene que el petróleo muestra un aumento en su participación hasta el año 2002, alcanzando un 88,15 % correspondiente a 290 millones de pesos. Posteriormente, su participación disminuye hasta el 2011 donde alcanza una participación de 67 % y vuelve a ganar participación hasta un 78 % en 2014. Congruente con la disminución del petróleo se presenta un crecimiento en el carbón mineral.

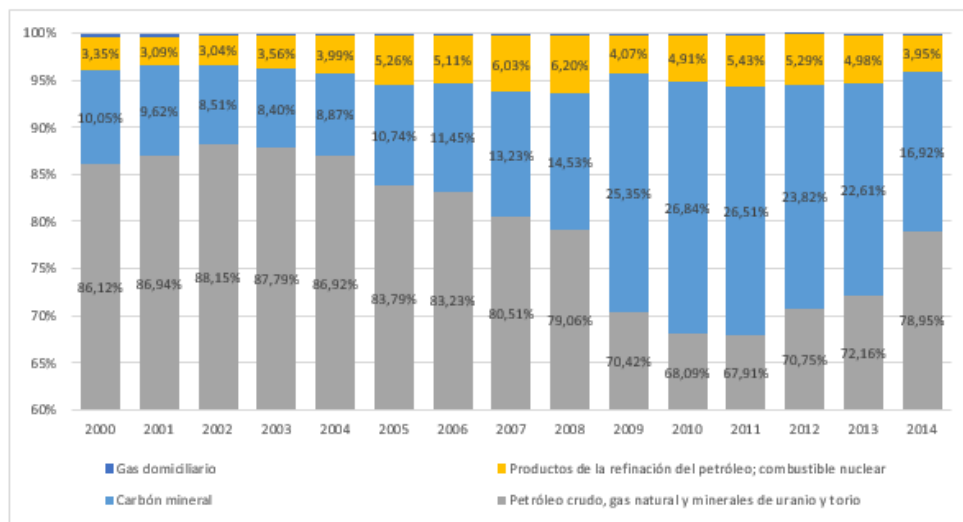


Figura 253. Variación del porcentaje de participación de los energéticos (sin electricidad) sector de generación de energía  
Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto

En términos económicos, el mayor consumo del sector está en la energía eléctrica, los servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios, y servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos como se muestra en la Figura 254.

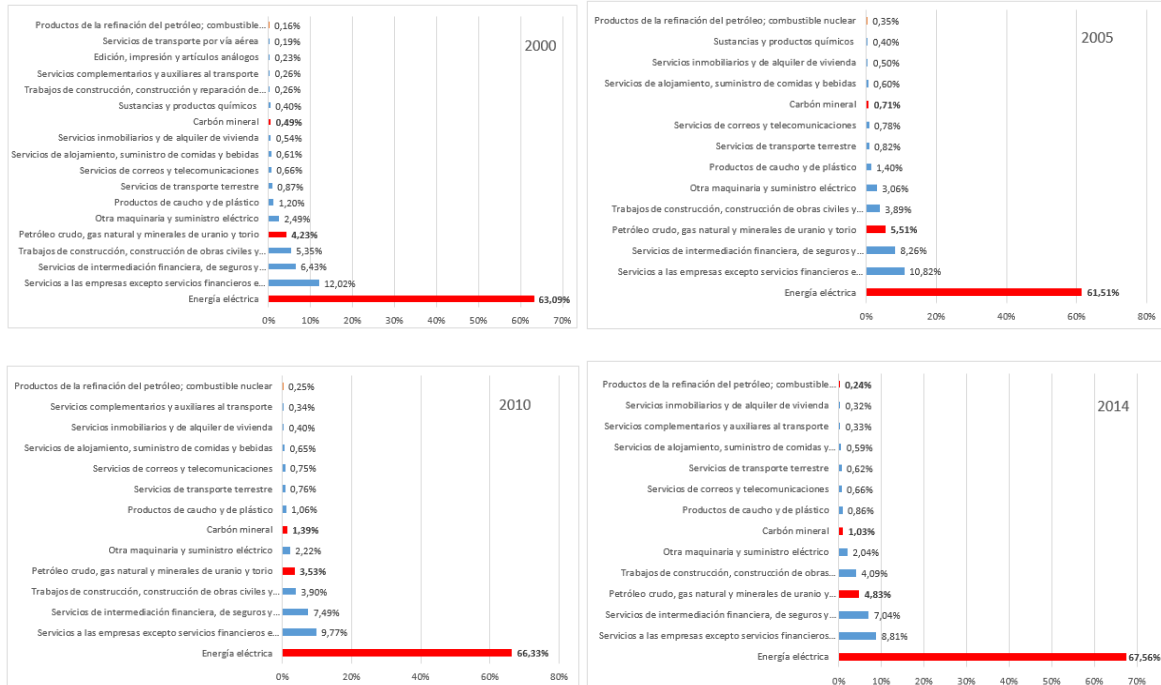


Figura 254. Variación matriz insumo producto, porcentaje de participación por producto sector de generación de energía

Fuente: Elaboración propia datos tomados de Matriz Insumo Producto DANE

La energía eléctrica representa alrededor del 60 % del gasto económico total del sector, y su tendencia es de crecimiento empezando en un 63 % en el 2000 y finalizando en 67 % en el 2014. Este alto consumo en energía eléctrica se puede fundamentar en la comercialización interna entre las empresas con el ánimo de cumplir cuotas de generación al mercado nacional. Debido a esto posiblemente tienen que comprar energía eléctrica de otras centrales derivando en los resultados observados en la matriz insumo-producto.

El petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio aparecen como la segunda fuente energética que mayor demanda económica representa para el sector y se posiciona en el cuarto puesto de las fuentes o servicios que generan gasto dentro del sector.

### 7.8.3 Comparación matriz-insumo producto nacional del sector generación de energía eléctrica con el contexto internacional

Es importante resaltar que para el análisis de este sector se ha tomado lo relacionado con electricidad, gas natural y suministro de agua, ya que se presenta agrupado dentro de las matrices insumo-producto analizadas [10], por lo que los valores presentados no corresponden únicamente a la generación de energía, sin embargo permiten darse una idea de cómo se destinan los recursos económicos en este sector.

### 7.8.3.1. Caso Colombia

La generación de energía para el caso de Colombia está liderada por las centrales hidroeléctricas, por tratarse de un país con gran riqueza en cuanto a recursos hídricos. Alrededor del 70% de la energía generada proviene del agua, seguida de las plantas termoeléctricas que operan ya sea con gas natural o carbón mineral y más reciente fuentes renovables como la biomasa y el viento como se puede observar en la Figura 255.

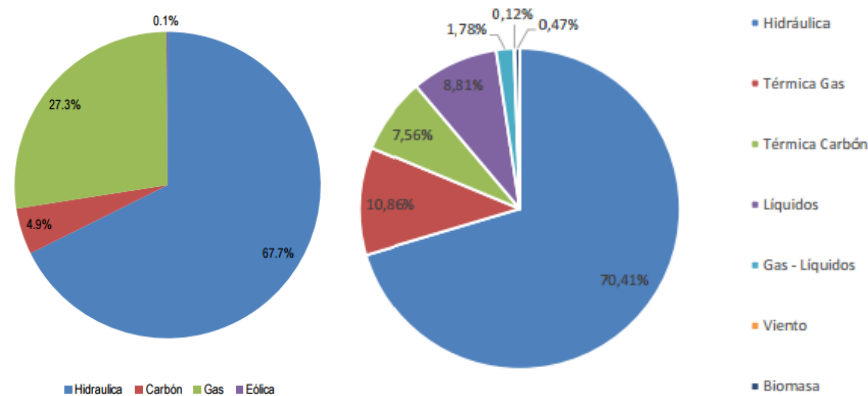


Figura 255. Participación de combustible en la capacidad de generación para 2010 (izq.) y 2015 (der.) en Colombia

Fuente: [74] [23]

La matriz insumo producto permite evidenciar la importancia que tiene el recurso hídrico y el gas dentro de la generación del país, siendo este el responsable del mayor gasto económico con 4389,6 millones de dólares, que corresponden al 49,31 % del total de la demanda económica del sector. En segundo lugar, y mostrando congruencia con la participación de los energéticos dentro del sector, se encuentra el sector minero que para el caso colombiano corresponde básicamente al carbón mineral con un porcentaje de participación de 15,38 % lo que equivale a 1369,3 millones de dólares.

La investigación y desarrollo también tiene gran importancia en términos económicos en el sector de generación de energía demandando 676 millones de dólares, es decir el 7,60 % de los recursos monetarios destinados para el sector. Los servicios de intermediación financiera y construcción también son demandados en alta medida en el sector de generación de energía, debido al aumento en la capacidad instalada en centrales tanto hidroeléctricas como termoeléctricas en el país.

Los sectores de generación de energía, alimentos bebidas y tabaco, administración pública y defensa y comercio mayorista y minorista, son los que requieren de la energía generada por el sector.

### 7.8.3.2. Caso Chile

La generación de energía en Chile al igual que en Colombia depende fuertemente de los recursos hídricos, gas natural y carbón; sin embargo como se puede observar en la Figura 256, existe un porcentaje importante de uso de derivados del petróleo, contrario con lo que sucede en Colombia.

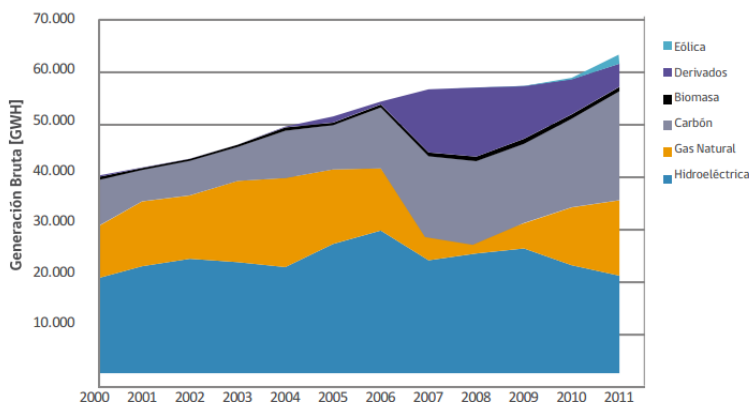


Figura 256. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía 2000-2011 en Chile  
Fuente: [75]

Lo anterior se ve reflejado en la matriz insumo producto del sector de generación en Chile, donde la mayor cantidad de dinero se destina a electricidad, gas y suministro de agua, productos de minería y, coque y productos de refinación de petróleo, con porcentajes de participación de 58,14 %, 15,38% y 8,37 % respectivamente, que corresponden a gastos de 9176, 2496 y 1321 millones de dólares.

El gasto en general del sector de generación de energía para el caso de Chile, al igual que el de Colombia es, como se mencionó anteriormente, fuertemente dependiente de los recursos energéticos sin embargo es 1,7 veces mayor que el reportado para Colombia. El sector eléctrico chileno es considerado como pionero, ya que estableció condiciones de competencia tanto en la generación como en la comercialización, que junto con la inversión privada en los activos de generación, transmisión y distribución hicieron posible una expansión importante en la capacidad [75], lo que evidencia en la magnitud del gasto total de este sector presentado en la matriz insumo producto.

Los principales sectores demandantes de electricidad son, el mismo sector de electricidad, el sector minero y de explotación y el de comercio mayorista y minorista con cifras de 9176, 1219 y 985 millones de dólares respectivamente, lo que corresponde a porcentajes de participación de 51, 87 % 6,89 % y 5,57 %.

### 7.8.3.3. Caso Alemania

En el caso de Alemania, los gastos del sector de generación de energía tienen mayor distribución y no se concentran, como en el caso de Colombia, principalmente en los recursos energéticos empleados; sin embargo se destaca el recurso económico destinado a la electricidad, gas y suministro de agua, minerales y productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, debido a su alta participación en la generación de energía como lo muestra la Figura 257, en donde se puede observar que alrededor del 44 % de la generación se da como producto del uso de carbón.



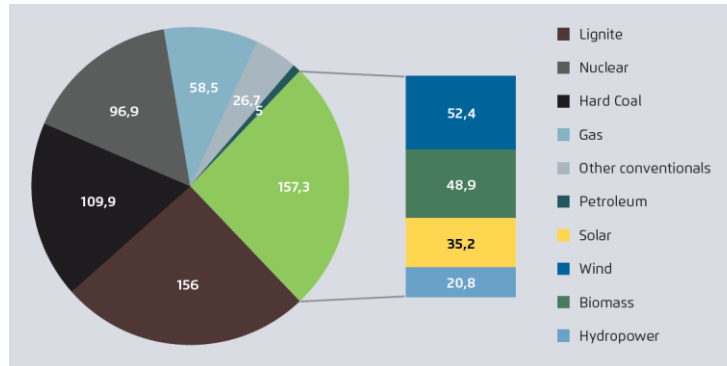


Figura 257. Participación de las diferentes fuentes energéticas en la capacidad instalada en 2014 para Alemania  
Fuente: [76]

El gasto total destinado a este sector es de 121026 millones de dólares, gasto que es 13,6 veces mayor al colombiano. El mayor gasto lo tiene la electricidad, gas y suministro de agua con 31869 millones de dólares, correspondiente al 26,33 %, seguido por el sector minero con una participación de 8,83 % equivalente a 10686 millones de dólares. Una cantidad importante de dinero también está destinada a la administración pública y defensa, investigación y desarrollo, comercio minorista y mayorista, construcción, maquinaria eléctrica, y a la industria de metales. Por el lado de la oferta, es decir los sectores requieren de la energía generada, se encuentra que el mismo sector de electricidad es el mayor demandante con el 29,33 % seguido de comercio minorista y mayorista con 6,11 % que equivale a 6664 millones de dólares, al igual que otros sectores como el metálico, químicos, de alimentos bebidas y tabaco, e imprenta, que aunque demandan en menor medida, también tienen cierta importancia dentro de la matriz insumo producto analizada con porcentajes de participación de alrededor de 4 % cada uno.

#### 7.8.3.4. Irlanda

El gas natral es la fuente energética dominante en el sector de generación de energía en Irlanda, con una participación de 48 % en 2013 como lo muestra la Figura 258. Los recursos fósiles tienen gran importancia en el sector de generación de energía, sin embargo se evidencia un decrecimiento en su participación, mientras que fuentes renovables como el viento principalmente, han aumentado su participación en los últimos años y se espera que alcance el 40 % en 2020 [77].

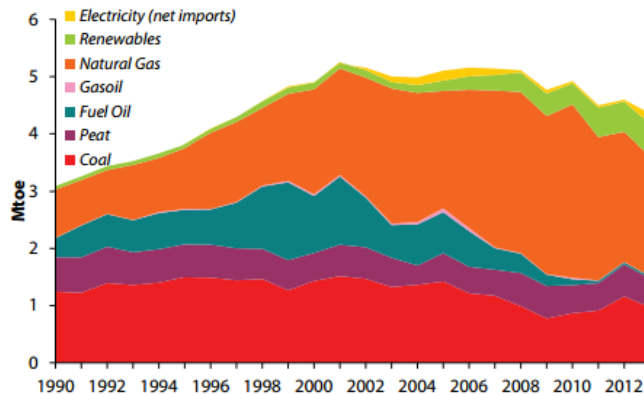


Figura 258. Participación de las fuentes energéticas empleadas en la generación de energía en Irlanda  
Fuente: [77]

De manera congruente con lo mencionado anteriormente, se encuentra que en la matriz insumo producto de Irlanda, el mayor consumo económico está destinado a la minería y explotación, seguido por electricidad, gas y suministro de agua y las actividades relacionadas con investigación y desarrollo. El gasto destinado a la minería y explotación es de 2587 millones de dólares, el 50,16 % del recurso económico total destinado a la demanda del sector; la electricidad gas y suministro de agua por su parte, tiene un porcentaje de participación de 22,81 % lo que equivale a 1176 millones de dólares, mientras que la investigación y desarrollo representa el 5,31 % con 273, 7 millones de dólares.

El gasto total de sector que llega a los 5158 millones de dólares es menor que el de Colombia, siendo el de Colombia 1,7 veces mayor

Por otro lado, los sectores que más demandan electricidad, son el mismo sector generación de energía con un 19,68 % del total, comercio con 11,25 % y productos químicos, agrícolas, educación, salud y alimentos bebidas y tabaco en menor proporción.

#### 7.8.3.5. Caso Israel

La matriz insumo producto para Israel, muestra que al igual que para Colombia, los sectores o actividades que demandan un alto gasto económico son electricidad, gas y suministro de agua e investigación y desarrollo, sin embargo la participación varía, siendo el sector de coque, productos de la refinación de petróleo y energía nuclear el más demandante con un 27,33 % que corresponde a 1418 millones de dólares. Lo anterior se ve reflejado en la distribución de la generación por fuente energética que se presenta en la Figura 259, en donde claramente se puede ver la importancia del carbón para el sector de generación en éste país, contrario con lo que sucede en Colombia, en donde el recurso hídrico tiene la mayor participación.

El gasto en electricidad, gas y agua es de 1071 millones de dólares, equivalente a 20,64 % mientras que la investigación y desarrollo representa el 12,56 %.

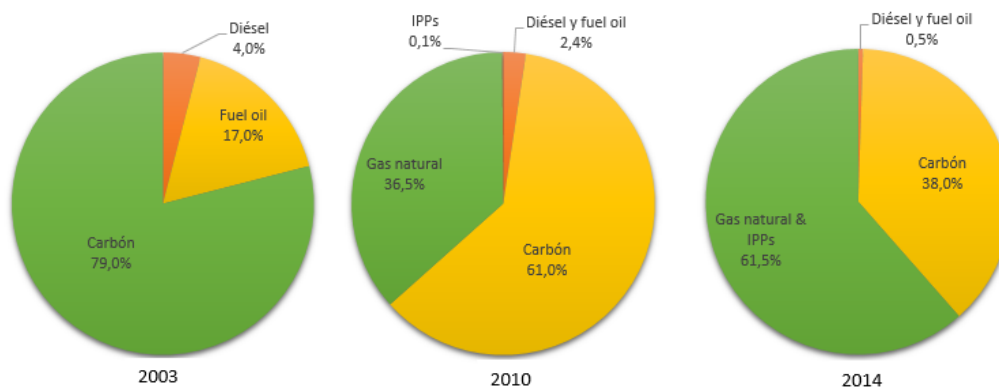


Figura 259. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía en Israel  
Fuente: [78]

Al igual que para el caso de Irlanda, el gasto energético de Colombia es 1,7 veces mayor que el reportado para Israel en el sector de generación de energía. Sin embargo la distribución del gasto es mucho más variada en el caso de Israel requiriéndose también de servicios de intermediación

financiera, transporte, construcción, metales, entre otros, y no se limita tanto a los recursos energéticos como es el caso Colombiano. En cuanto a los sectores que requieren de electricidad, se tiene que según lo presentado en la matriz insumo producto para el 2011, el sector de electricidad, gas y suministro de agua es el que más invierte con un monto de 1071 millones de dólares correspondiente al 33,62 %, seguido por el comercio mayorista y minorista y manufactura con porcentajes de participación dentro del gasto total de 7,89 % y 6,90 % respectivamente.

#### 7.8.3.6. Caso Corea del Sur

La producción de electricidad para Corea ha aumentado considerablemente desde los últimos años, pasando de 109 TWh en 2000 a 515 TWh en 2011, de los cuales el 45,2 % fue abastecido por carbón y 29,1 % por energía nuclear, sumando así casi el 75% del total [37] como se puede observar en la Figura 260.

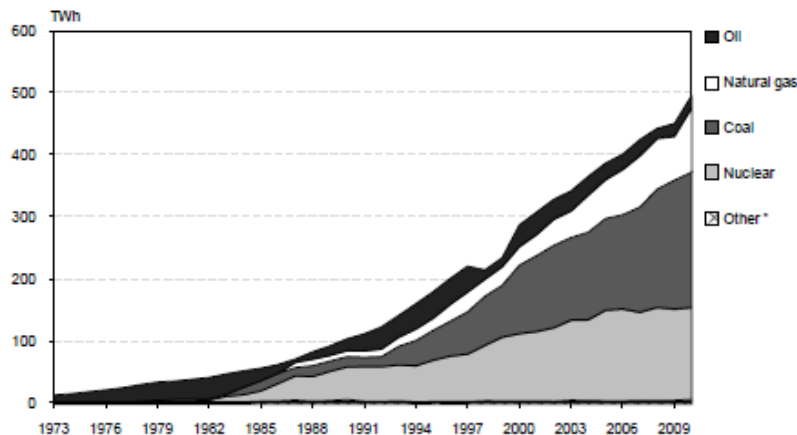


Figura 260. Participación de las fuentes energéticas en la generación de energía en Corea  
Fuente: [37]

La matriz insumo producto para Corea, permite ver la importancia de la minería, gas natural, y coque, derivados del petróleo y combustible nuclear en el sector de generación de energía. Los productos de minería y explotación corresponden al mayor gasto económico con 22501 millones de dólares, equivalentes al 43 %. La demanda de gas natural, electricidad y suministro de agua está en 13449 millones de dólares posicionándose en segundo lugar con una participación de 25,68 %.

A pesar de que la participación de la energía nuclear en la generación de energía en Corea es alta, con casi un 30%, la matriz insumo producto muestra que el gasto asociado a este recurso no es tan relevante en términos económicos con un porcentaje de participación de 7,39 % lo que corresponde a 3869 millones de dólares.

El gasto económico del sector para el caso de Corea es casi 6 veces mayor que el reportado para Colombia, proporción que se conserva si se mira desde el lado de la oferta del sector que es 5,3 veces mayor comparado con Colombia. El sector que más requiere de electricidad es, al igual que para el caso colombiano, el mismo sector de electricidad, gas y suministro de agua con un porcentaje de participación de 22,53 %. Por otro lado la industria de metales básicos y los servicios

de comercio mayorista y minorista también demanda electricidad en alta medida con gastos de 13449 y 7350 millones de dólares, que corresponde a 12,31 % y 6,56 %.

#### 7.8.3.7. Caso México

México es un país altamente dependiente de los recursos fósiles en su economía, y se puede ver reflejado en el alto porcentaje de participación que estas fuentes tiene en el sector de generación de energía. Para el 2013, el 82,2% de la generación fue mediante recursos fósiles, y que el 47,7 % de la tecnología empleada fue la de ciclo combinado como lo presenta la Tabla 70 [38]. En cuanto a los recursos fósiles y su utilización dentro del sector, el fuel oil ha perdido un 32% de participación en el periodo de 1999 a 2011, debido principalmente a políticas y restricciones ambientales que han llevado a la adopción de tecnologías de ciclo combinado que emplea gas natural, motivo por el cual el gas natural ha triplicado su participación en el mismo periodo. Por el lado del uso del carbón, se sabe que existen pocas reservas de este mineral en México y que además su calidad no es la mejor por tratarse de una carbón con alto contenido de ceniza, por lo que se importa de países como Estados Unidos, Canadá y Colombia [79]

Tabla 70. Participación de las fuentes energéticas para la generación de energía en 2013 para México

Fuente: [38]

	Generación (GWh/año)	Generación (%)
Total	296343	100%
Fósil	243638	82%
<i>Ciclo Combinado</i>	141261	48%
<i>Otros</i>	86333	29%
<i>Carbón</i>	16044	5%
Nuclear	11800	4%
Renovables	40905	14%
Hidroenergía	28710	10%
CFE	28029	10%
<i>Autogeneración</i>	681	0%
Biogás	261	0%
<i>Autogeneración</i>	132	0%
<i>Cogeneración</i>	129	0%
Geotérmica	6069	2%
CFE	6069	2%
Fotovoltaica	110	0%
CFE	13	0%
<i>Autogeneración</i>	10	0%
<i>Pequeños productores</i>	86	0%
Eólica	5755	2%
CFE	190	0%
<i>Autogeneración</i>	3867	1%
IPP	1677	1%
<i>Pequeños productores</i>	22	0%

La demanda total en términos de dinero es dos veces mayor para México en comparación con Colombia. La matriz insumo producto para México, muestra en relación con lo anteriormente mencionado, la importancia de los recursos fósiles dentro del sector de generación de energía, sin embargo la mayor participación en el gasto económico del sector la tienen los productos químicos con un 6107 millones de dólares que corresponde a un 31,44 % del total.

En segundo lugar se posicionan el coque, productos de refinación de petróleo y combustibles nucleares, representando un gasto de 4169 millones de dólares equivalente al 21,46%. El sector de comercio mayorista y minorista también representa un gasto importante en el sector de generación de energía de México, ubicándose en tercer lugar con 3679 millones de dólares. Por otro lado, los sectores que más demandan electricidad son el de comercio, metales básicos y alimentos bebidas y tabaco con participaciones de 20,79 %, 6,56 % y 6,47 % respectivamente, lo que corresponde a 4824, 1522 y 1500 millones de dólares. Sectores como la educación, salud y hoteles y restaurantes también tienen una participación importante.

### 7.8.3.8. Caso Singapur

La generación en Singapur para el 2014 fue de alrededor de 49 TWh, de los cuales 46 TWh fueron generados por los principales generadores y los 3 TWh por auto generadores según lo mostrado en la Figura 261. Las fuentes energéticas que se emplean para la generación de energía son derivados del petróleo, gas natural y carbón, siendo el gas natural el recurso más empleado.

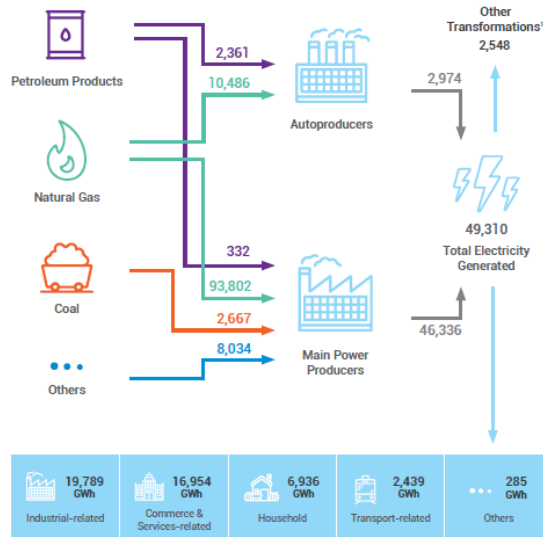


Figura 261. Flujo eléctrico en GWh para Singapur para el 2014

Fuente: [41]

La matriz insumo producto permite poner en evidencia lo anterior, siendo el sector de electricidad, gas y suministro de agua el que representa el mayor gasto con 2569 millones de dólares, que corresponden al 37,1 % del gasto total del sector.

Los productos de minería y explotación por su parte se ubican en la segunda posición con un gasto de 2076 millones de dólares, equivalente al 30 % mientras que la participación de coque, productos derivados de petróleo y energía nuclear representan seis veces menor, es decir 370 millones de dólares que corresponden al 5,34 %. Los servicios de comercio mayorista y minorista, tienen de igual forma una participación alta en el gasto total del sector destinándose para este fin 808 millones de dólares o el 11, 67 % de los recursos monetarios del sector.

En cuanto a los sectores demandantes de electricidad, se encuentran el mismo sector de electricidad, gas y suministro de agua, el sector de productos químicos y el de equipos de cómputo, electrónicos y ópticos con porcentajes de participación de 31,66 %, 14,33 % y 11 % respectivamente.

#### 7.8.3.9. Caso España

España es un claro ejemplo del rápido crecimiento que se ha vivido en cuanto a energías renovables en el mundo, representando en 2013 el 40 % de la producción de electricidad como lo indica la Figura 262, en donde el mayor aporte lo tienen los sistemas eólicos. Las fuentes fósiles por su parte, siguen representando un 40 % de la producción de electricidad; las plantas nucleares generan el 21 % de la electricidad y representan el 7% de la capacidad instalada, mientras que el gas y carbón tienen una participación del 24 % y 15 % respectivamente.

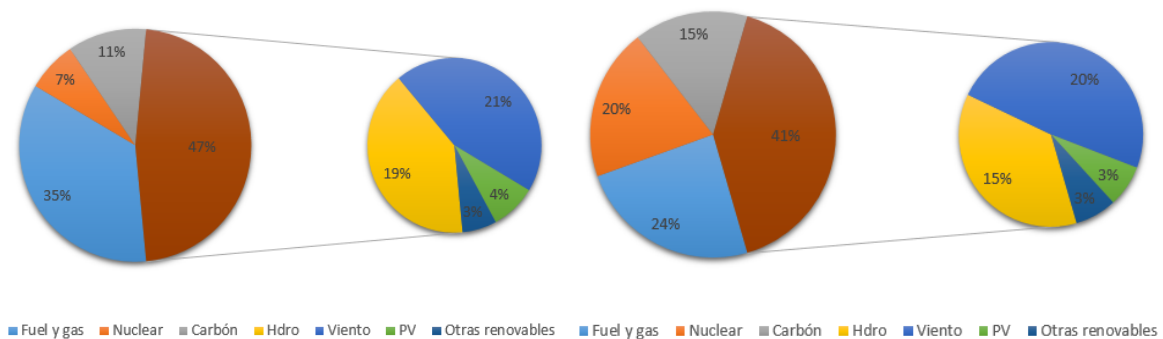


Figura 262. Capacidad de generación (izq.) y generación neta (der.) para 2013 en España  
Fuente: [42]

Lo anterior se ve reflejado en la matriz insumo producto, en donde se puede observar que los principales gastos asociados al sector corresponden a electricidad, gas y suministro de agua, minería y, coque, derivados del petróleo y combustible nuclear. El gasto relacionado con electricidad, gas y suministro de agua es de 201723 millones de dólares, que corresponde al 33,22 % del total, mientras que los gastos por concepto de minería y derivados del petróleo son 12191 y 5324 millones de dólares respectivamente.

El gasto total del sector en España es 7 veces mayor que el reportado para Colombia y los sectores que demandan en mayor proporción de servicio de electricidad son el mismo sector de electricidad, gas y suministro de agua, el sector de comercio mayorista y minorista y la industria de alimentos bebidas y tabaco, con cifras de 20723, 10934 y 3995 millones de dólares respectivamente, lo que equivale a 26,4 %, 13,96 % & y 5,09 %.

#### 7.8.4. Participación del sector generación en el PIB

La Figura 263 muestra la participación del sector de electricidad, gas y agua dentro del PIB nacional para los diferentes países en estudio. Se puede observar que en general estos porcentajes de participación no superan el 5 % indicando que la electricidad, gas y agua no aportan en gran medida al PIB nacional.

Chile tiene el mayor porcentaje de participación con 4,9 %, seguido por España y Colombia con el 3,9 % y 3,4 % respectivamente. En términos de dinero esto corresponde a 22771 millones de dólares para Chile, 101171 millones de dólares para España y 19122 millones de dólares para Colombia.

Cabe resaltar que aunque Alemania es el país con mayor PIB en cuanto al sector de electricidad, gas y agua con 197713 millones de dólares, valor 10 veces mayor si se compara con el de Colombia, éste representa únicamente el 2,9 % de su PIB nacional.

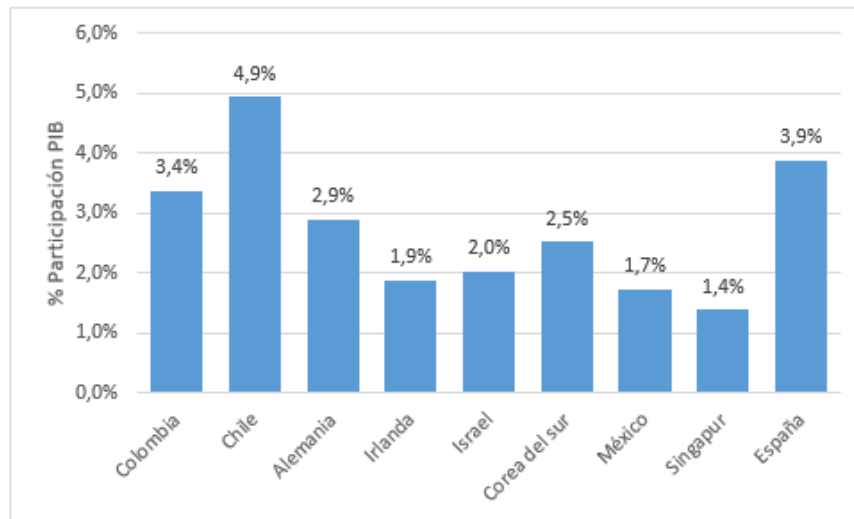


Figura 263. % Participación PIB: Electricidad, gas y agua  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

#### 7.8.5. Participación del sector generación en la demanda total

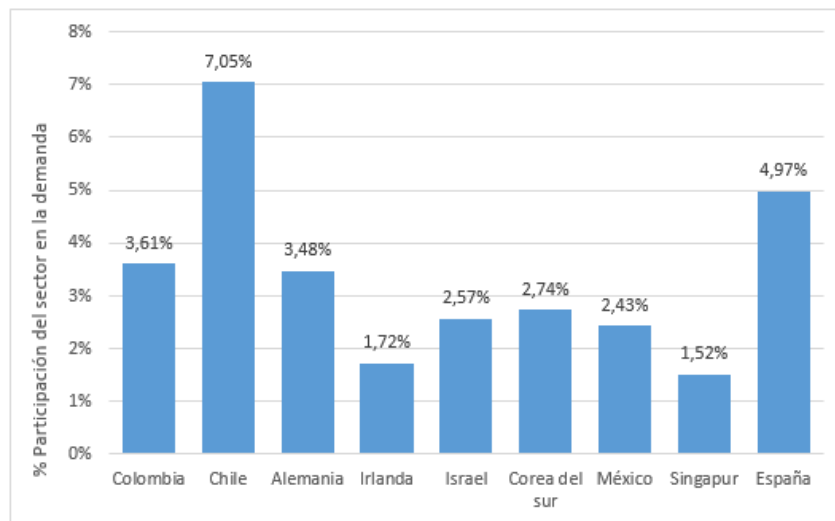


Figura 264. % Participación demanda: Electricidad, gas y agua  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

La Figura 264 muestra el porcentaje de participación del sector de electricidad gas y agua dentro de la demanda total de los países analizados. Al igual que lo presentado en La Figura 263, Chile y España muestran los mayores porcentajes de participación mientras que Irlanda y Singapur presentan los menores porcentajes.

Chile demanda 15792 millones de dólares para el sector de electricidad gas y agua, valor que representa el 7,05 % de su demanda total. Colombia por su parte demanda 8902 millones de dólares, cantidad que representa el 3,61 % de la demanda asociada a este sector. Irlanda y Singapur tienen porcentajes de participación inferiores a 2 % con valores de 5190 y 6926 millones de dólares respectivamente.

En general se puede observar que el sector de electricidad gas y agua a excepción de Chile y España tiene poca importancia dentro de la demanda económica total de los países, comportamiento congruente con lo mostrado para la participación del PIB.

#### 7.8.6. Comparación de matrices insumo producto

La Figura 265, la Figura 266 y la Figura 267 muestran las matrices insumo producto del sector de generación de energía para los países analizados en comparación con Colombia. Se puede ver que para la mayoría de los países, los gastos se concentran principalmente en lo que es electricidad, gas y suministro de agua o en actividades de minería y explotación, que corresponden a los energéticos empleados en las centrales de generación. México es el país que presenta más diferencias en cuanto a sus principales consumos, mostrando que los productos químicos y productos de refinación son los de mayor demanda como se presenta en la Tabla 73. Israel y México por su parte son lo que mayor demanda de coque, derivados del petróleo y combustible nuclear tienen, mientras que los demás países muestran mayores demandas en productos de minería.

Al comparar la oferta del sector, se evidencia que Alemania ofrece sus servicios de electricidad, gas y agua a más número de sectores que Colombia, mostrando de esta manera que se trata de un país con una mayor diversificación, lo que le otorga la característica de ser más complejo, reflejándose en su nivel de desarrollo en comparación con Colombia por ejemplo.



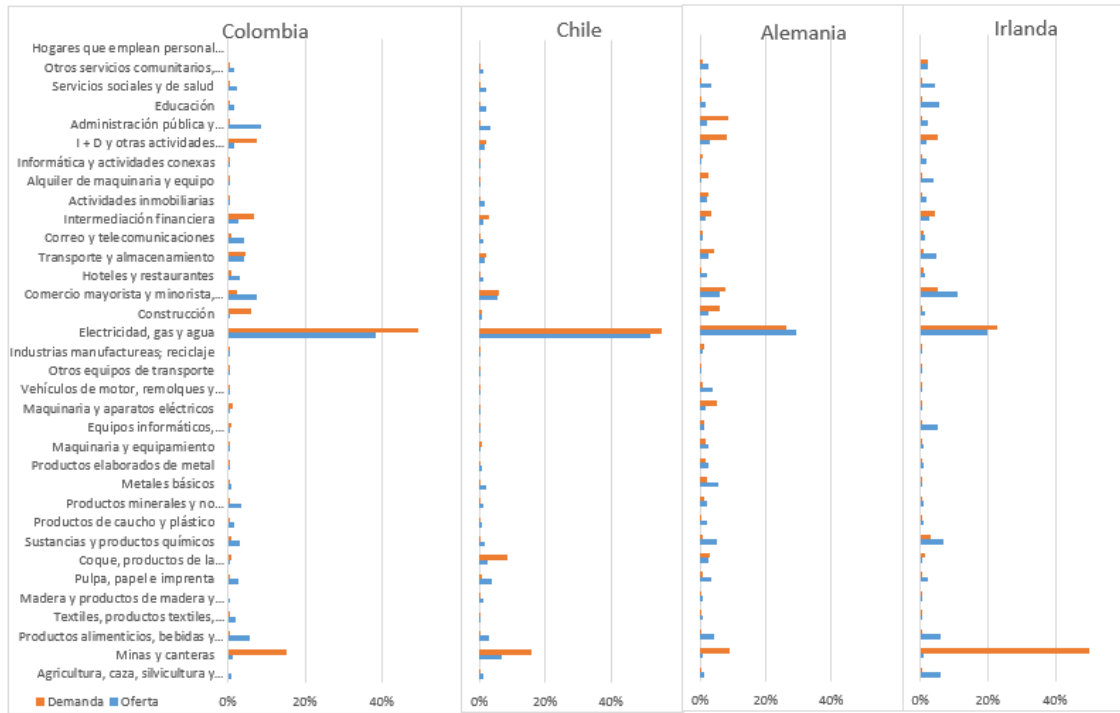


Figura 265. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Chile, Alemania, e Irlanda para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

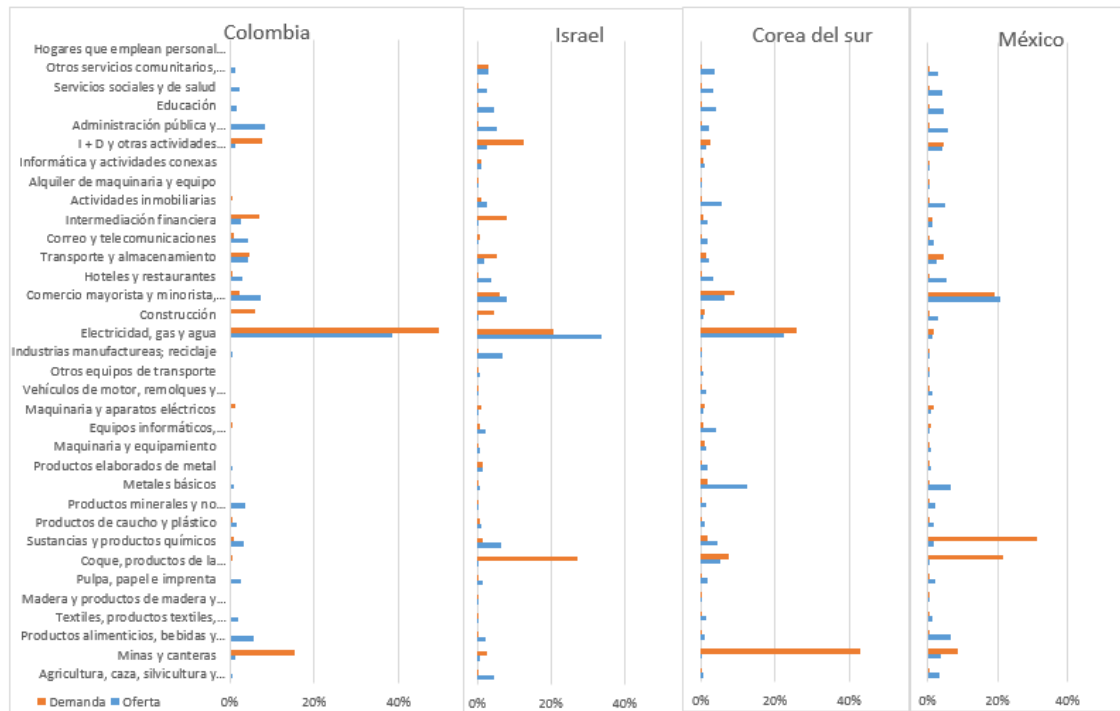


Figura 266. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Israel, Corea del sur y México para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

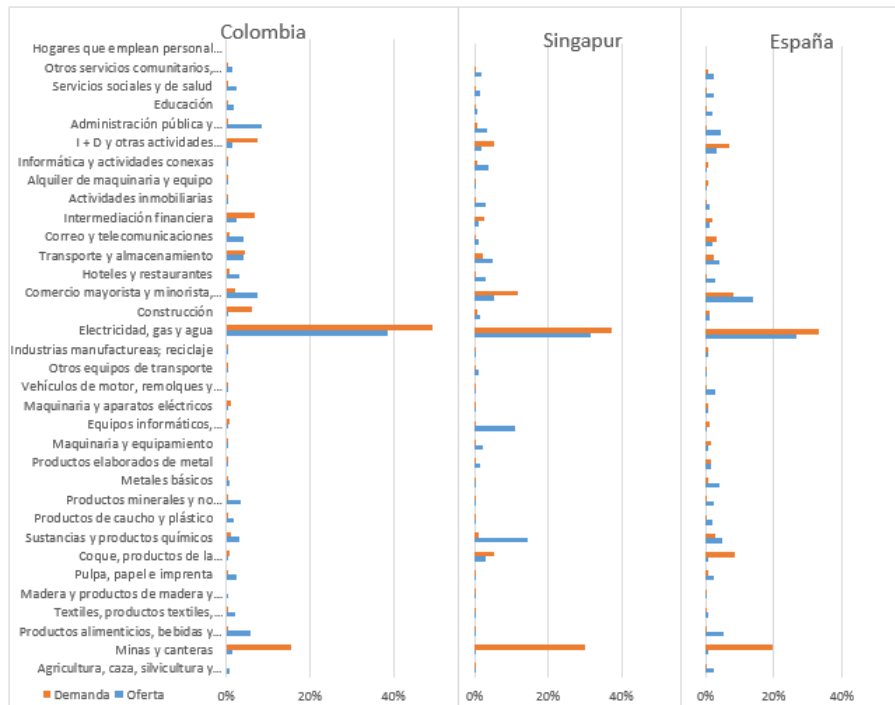


Figura 267. Matrices insumo-producto del sector de generación de energía para Colombia, Singapur y España para 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Si se analiza el gasto total del sector y cuánto demandan otros sectores o actividades del sector de generación de energía, se puede decir que como lo muestran la Tabla 71 y la Tabla 72, tan solo superando a Singapur, Israel e Irlanda, Colombia no presenta una demanda ni una oferta importante en comparación con por ejemplo Alemania, que como ya se mencionó anteriormente reporta valores que son 12 veces mayores a los que se tienen para Colombia

Tabla 71. Demanda del sector generación de energía en millones de dólares año 2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

País	Demanda
Alemania	121026,8
España	62390
Corea	52362
México	19424,5
Chile	15782,4
Colombia	8902,2
Singapur	6926,6
Israel	5190,4
Irlanda	5157,7

Tabla 72. Oferta del sector generación de energía en millones de dólares año 2011  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

País	Oferta
Alemania	109040,1
España	78474,6
Corea	59690,8
México	23208,8
Chile	17691,9
Colombia	11429,1
Singapur	8117,4
Irlanda	5976,8
Israel	3187

Existe en general, como ya se mencionó, una similitud en cuanto a las actividades o bienes para los cuales se destina el recurso económico en la mayoría de los países analizados como lo presenta la Tabla 73, en donde el gasto se centra especialmente en recursos energéticos.

Colombia, Chile, Singapur, Alemania, Singapur y España presentan la mayor demanda en Electricidad, gas y agua; Irlanda y Corea del sur en productos de minería, Israel en coque y derivados del petróleo y México en sustancias y productos químicos.

El comercio mayorista y minorista también es un sector que representa un gasto importante dentro del sector con porcentajes de participación que van desde 2,3 % para el caso de Colombia y 18,9 % para el caso de México.

Tabla 73. Comparación de la principal demanda del sector de generación de energía  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Demanda electricidad gas y agua	Colombia	Chile	Alemania	Irlanda	Israel	Corea del sur	México	Singapur	España
Minas y canteras	15,4%	15,8%	8,8%	50,2%	2,5%	43,0%	8,6%	30,0%	19,5%
Madera y productos de madera y corcho	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	0,7%	8,4%	3,0%	1,4%	27,3%	7,4%	21,5%	5,3%	8,5%
Sustancias y productos químicos	1,0%	0,1%	0,6%	3,1%	1,3%	2,0%	31,4%	1,1%	2,6%
Productos minerales y no metálicos	0,0%	0,0%	1,2%	0,5%	0,4%	0,1%	0,2%	0,0%	0,4%
Metales básicos	0,0%	0,3%	1,9%	0,2%	0,5%	1,7%	0,1%	0,0%	0,5%
Productos elaborados de metal	0,2%	0,3%	1,7%	0,1%	1,4%	0,3%	0,4%	0,0%	1,6%
Maquinaria y equipamiento	0,0%	0,6%	1,8%	0,1%	0,2%	1,1%	0,0%	0,3%	1,5%
Equipos informáticos, electrónicos y ópticos	0,8%	0,1%	1,1%	0,1%	0,8%	0,6%	1,0%	0,5%	1,1%
Maquinaria y aparatos eléctricos	1,2%	0,1%	5,0%	0,0%	1,1%	1,2%	1,9%	0,1%	0,8%

Electricidad, gas y agua	49,3%	58,1%	26,3%	22,8%	20,6%	25,7%	1,9%	37,1%	33,2%
Construcción	6,1%	0,8%	6,0%	0,1%	4,6%	1,1%	0,5%	0,7%	1,3%
Comercio mayorista y minorista, reparación	2,3%	5,8%	7,5%	5,3%	6,0%	8,9%	18,9%	11,7%	8,1%
Transporte y almacenamiento	4,6%	2,2%	4,3%	0,9%	5,3%	1,4%	4,8%	2,4%	2,3%
Correo y telecomunicaciones	0,9%	0,3%	0,6%	0,8%	0,7%	0,2%	0,4%	0,3%	3,4%
Intermediación financiera	6,9%	3,1%	3,2%	4,5%	7,8%	0,8%	1,5%	2,6%	2,1%
Actividades inmobiliarias	0,5%	0,2%	2,5%	0,3%	1,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
Alquiler de maquinaria y equipo	0,2%	0,2%	2,6%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,7%
Informática y actividades conexas	0,2%	0,1%	0,8%	0,1%	1,1%	0,7%	0,0%	0,8%	0,8%
I + D y otras actividades comerciales	7,6%	2,0%	8,0%	5,3%	12,6%	2,5%	4,5%	5,3%	6,9%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	0,0%	0,1%	8,7%	0,1%	0,3%	0,3%	0,0%	0,8%	0,4%
Otros servicios comunitarios, sociales y personales	0,0%	0,4%	0,9%	2,4%	3,2%	0,3%	0,1%	0,1%	0,6%

La Figura 268 permite visualizar de una manera más clara lo presentado en la Tabla 73, mostrando la importancia de los servicios de electricidad, gas natural y suministro de agua dentro del sector, así como las fuentes energéticas empleadas que corresponden a productos de minería y explotación y productos de refinación de petróleo, coque y combustibles nucleares.

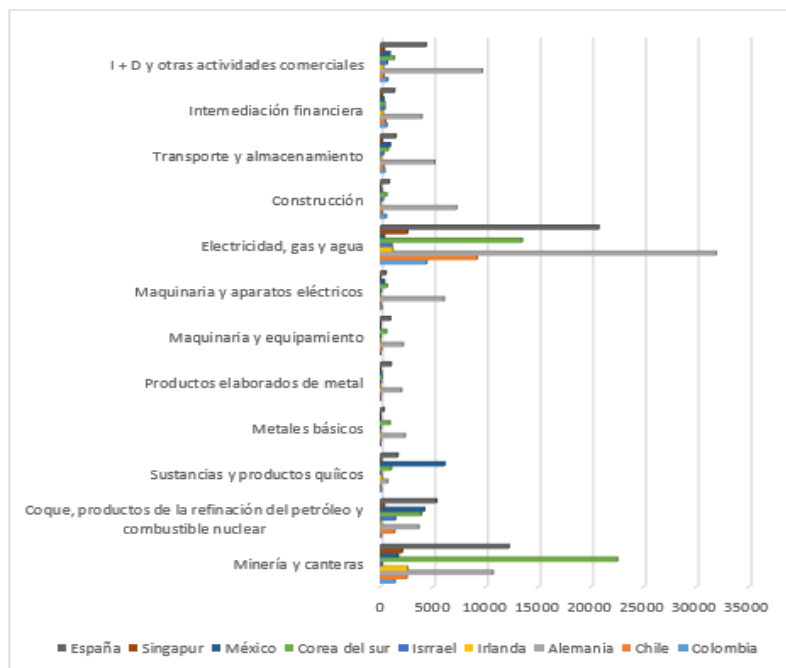


Figura 268. Comparación de las principales actividades requeridas por los países para el sector de generación de energía\_2011

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Ahora bien, teniendo en cuenta que los energéticos representan un gasto importante en la matriz insumo producto, es necesario entrar a detallar un poco más en cada uno de éstos y cómo varía su participación en los diferentes países analizados. La Figura 269 presenta una comparación de la demanda de cada uno de los energéticos en los diferentes países en términos de millones de dólares y Figura 270 presenta los porcentajes de participación del sector dentro de la demanda total de energéticos en el país. Se puede observar que la electricidad y gas natural, y coque productos de la refinación de petróleo y combustible nuclear son los que mayor importancia tienen en el sector. Alemania es el principal demandante de electricidad y gas natural, mientras que Corea tiene gran importancia en lo relacionado con productos de minería y explotación siendo junto con Irlanda los únicos países que presenta este concepto, hablando en términos de millones de dólares, por encima a la electricidad y gas.

Colombia por su parte presenta valores que no sobrepasan los 5000 millones de dólares, los cuales en comparación con los demás países son muy bajos en especial si se toma Alemania como punto de comparación.

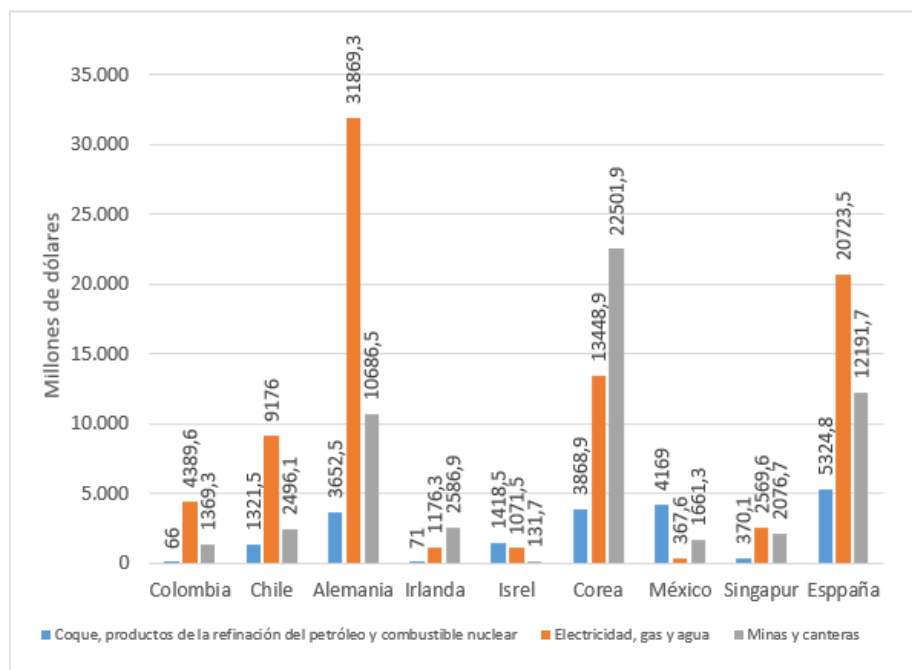


Figura 269. Comparación de la demanda de energéticos en el sector transporte en millones de dólares  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

Sin embargo, si se analiza desde el porcentaje de participación del sector dentro del total de los energéticos, se tiene que en general las participaciones a diferencia de los derivados de petróleo para Chile no sobrepasan el 50%. Para Alemania, los 31869 millones de dólares empleados en electricidad, gas y agua, representan sólo el 29,2 % mientras que los 4389 millones que destina Colombia para electricidad, gas y agua, representan casi el 400 % de la demanda del sector.

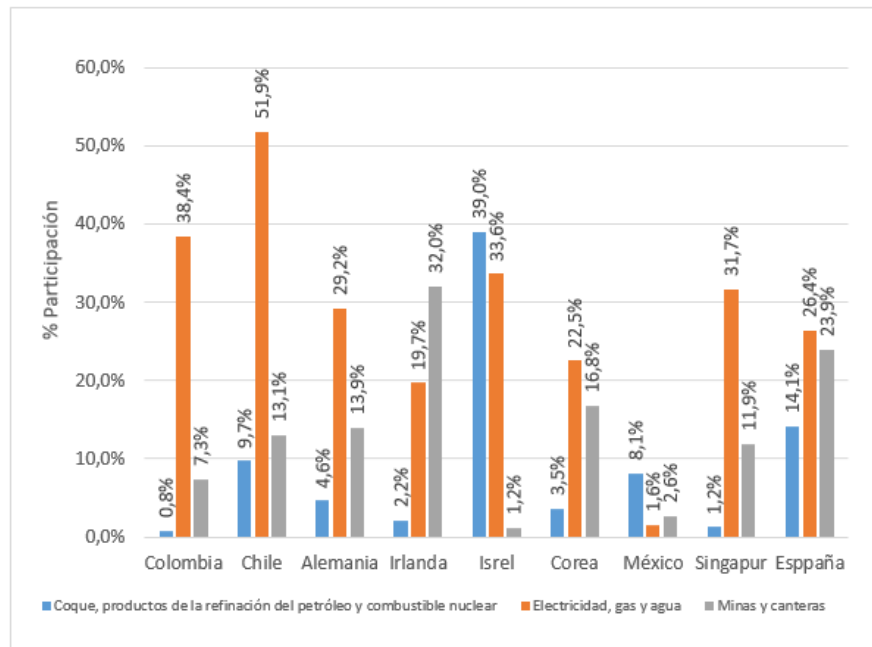


Figura 270. Comparación del % de participación de la demanda de energéticos en el sector transporte  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de OECD [10]

#### 7.8.4 Identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica del sector generación de energía eléctrica

Debido a las condiciones geográficas y disponibilidad del recurso, la generación de energía en Colombia está liderada por la energía hidroeléctrica como recurso renovable, que representa entre el 70 % y 80 % de la generación, según variaciones en la hidrología anual y el 70 % de la capacidad instalada a diciembre de 2014. [80] Existen sin embargo gran cantidad de centrales termoeléctricas y de auto y cogeneración que emplean como combustible ya sea carbón mineral, gas natural o combustibles líquidos, aunque estos últimos en menor proporción como se puede observar en la Figura 271.

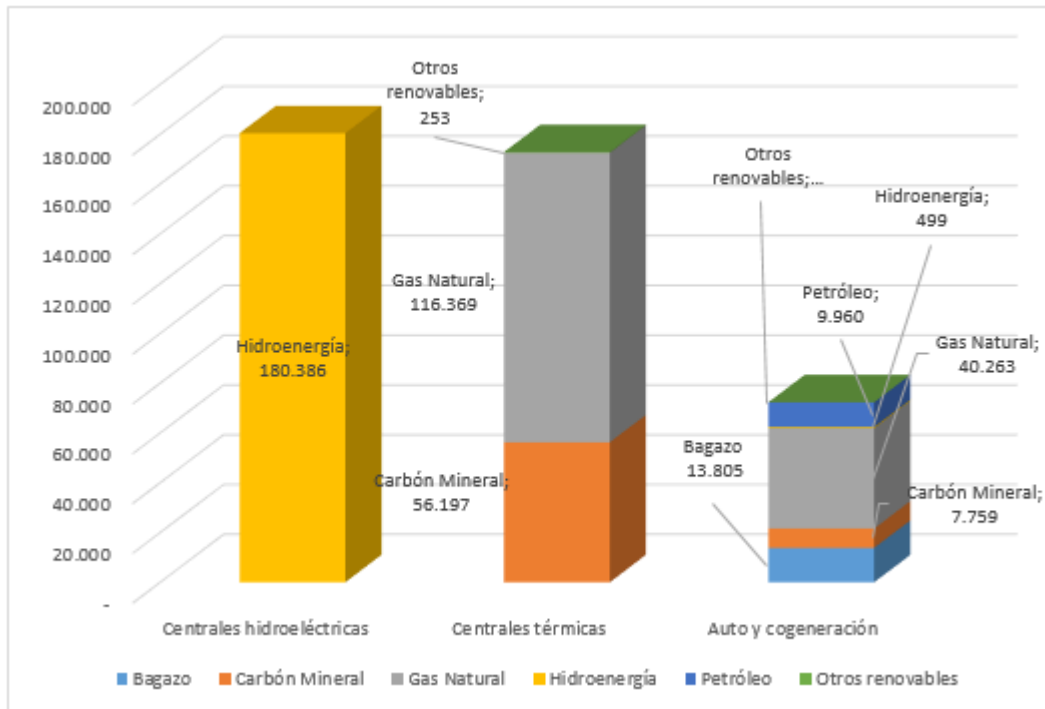


Figura 271. Distribución del consumo de energéticos por tipo de central en TJ para 2014

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO [11]

Los datos de demanda energética proporcionados por el Balance Energético Colombiano (BECO) para el año 2014, permiten evidenciarla importancia del recurso hídrico, siendo este el de mayor magnitud con 180884 TJ seguido por el gas natural con 156633 TJ y carbón natural con 63956 TJ como se puede ver en la Figura 272.

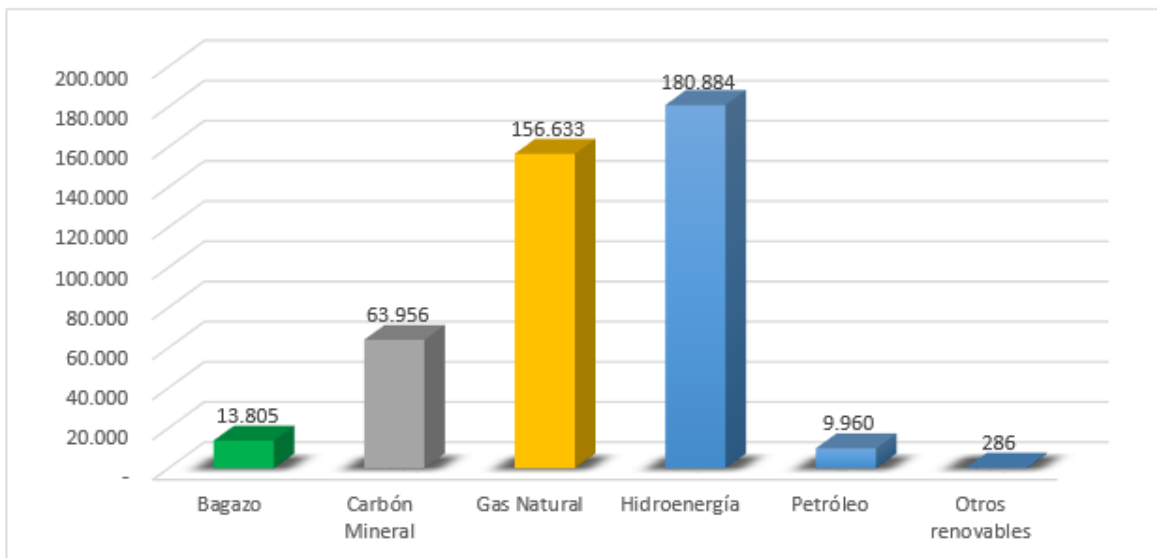


Figura 272. Consumo de energéticos en el sector de generación de energía en TJ para 2014

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO

Dependiendo la clase de tecnología que se emplee, cambian las operaciones que deben llevarse a cabo para la generación de trabajo que posteriormente será convertido en energía eléctrica.

En el caso de las centrales termoeléctricas, debe hacerse una adecuación de la materia prima, si se trabaja con carbón mineral, en donde las principales operaciones consisten en el transporte del carbón ya sea desde la mina o donde se encuentre almacenado, para lo cual deben emplearse vehículos que requieren combustibles líquidos, diésel o gasolina en especial, para su funcionamiento. Una vez se tenga el carbón en la central, es necesario transportarlo por medio de bandas hasta las tolvas alimentadoras, las cuales dosificaran el material para una posterior pulverización. La pulverización del carbón se realiza con el fin de favorecer la combustión al aumentar el área superficial. Las anteriores operaciones descritas requieren energía eléctrica para su ejecución.

Cuando se trabaja con gas natural o combustibles líquidos, debido a que el suministro de estos energéticos es por medio de ductos, no se requiere mayor tratamiento, por lo que será posible que se dé su alimentación directamente en las calderas destinadas para la generación de vapor, insumo que permitirá la generación de trabajo en una etapa posterior. Si por el contrario se trata de una central hidroeléctrica, no será necesario empelar energéticos diferentes a la hidroenergía. De igual forma las operaciones asociadas son más sencillas puesto que ninguna transformación física ni química es necesaria, se trata simplemente del control de la cabeza de agua, que permitirá el movimiento de la turbina para la generación de trabajo.

El trabajo generado bien sea por medio de turbinas de vapor o de agua, será transformado en energía eléctrica por medio de un generador, para luego ser transportada, una vez la tensión se haya elevado, por medio de líneas de transmisión de alta tensión para reducir las pérdidas por este concepto. Una particularidad de este sector, es que la energía eléctrica que se requiere para llevar a cabo las operaciones ya sean primarias o de apoyo, es provista por el mismo sector, de manera que no será necesario, salvo en casos muy particulares, contar con un suministro externo de energía eléctrica, disminuyendo de esta manera los costos asociados. Alrededor del 10 % de la energía eléctrica generada es consumida en la misma planta de generación Sin embargo, y como lo presenta la matriz insumo producto, el mayor gasto asociado con el sector es la misma energía eléctrica. Lo anterior se presenta debido al intercambio energético que se da entre centrales para poder cumplir con la demanda energética del país en todo momento y no directamente con la energía demandada para la ejecución de las actividades.

Además de las operaciones directamente asociadas con la generación de energía, las cuales demandan electricidad principalmente para usos finales como de fuerza motriz como por ejemplo el funcionamiento de los motores de bombas, existen otras actividades que demandan de recursos energéticos, como lo son todas aquellas actividades de oficina y control, asociadas a aplicaciones como iluminación, acondicionamiento de aire y refrigeración en algunos casos (Figura 273).

#### 7.8.5 Tendencias

El aprovechamiento de fuentes renovables ha tomado cada vez más importancia dentro del sector de generación de energía a nivel mundial. La capacidad de generación de centrales eólicas y solares



ha venido aumentando y se está investigando en alternativas como la geotermia y energía mareomotriz por citar algunos ejemplos.

Las condiciones geográficas y climáticas de Colombia permiten pensar en una diversificación de su canasta energética para la generación de energía eléctrica, en donde las tecnologías renovables tengan una participación importante. Sin embargo para lograr esto, es necesario contar con políticas públicas que impulsen este cambio.

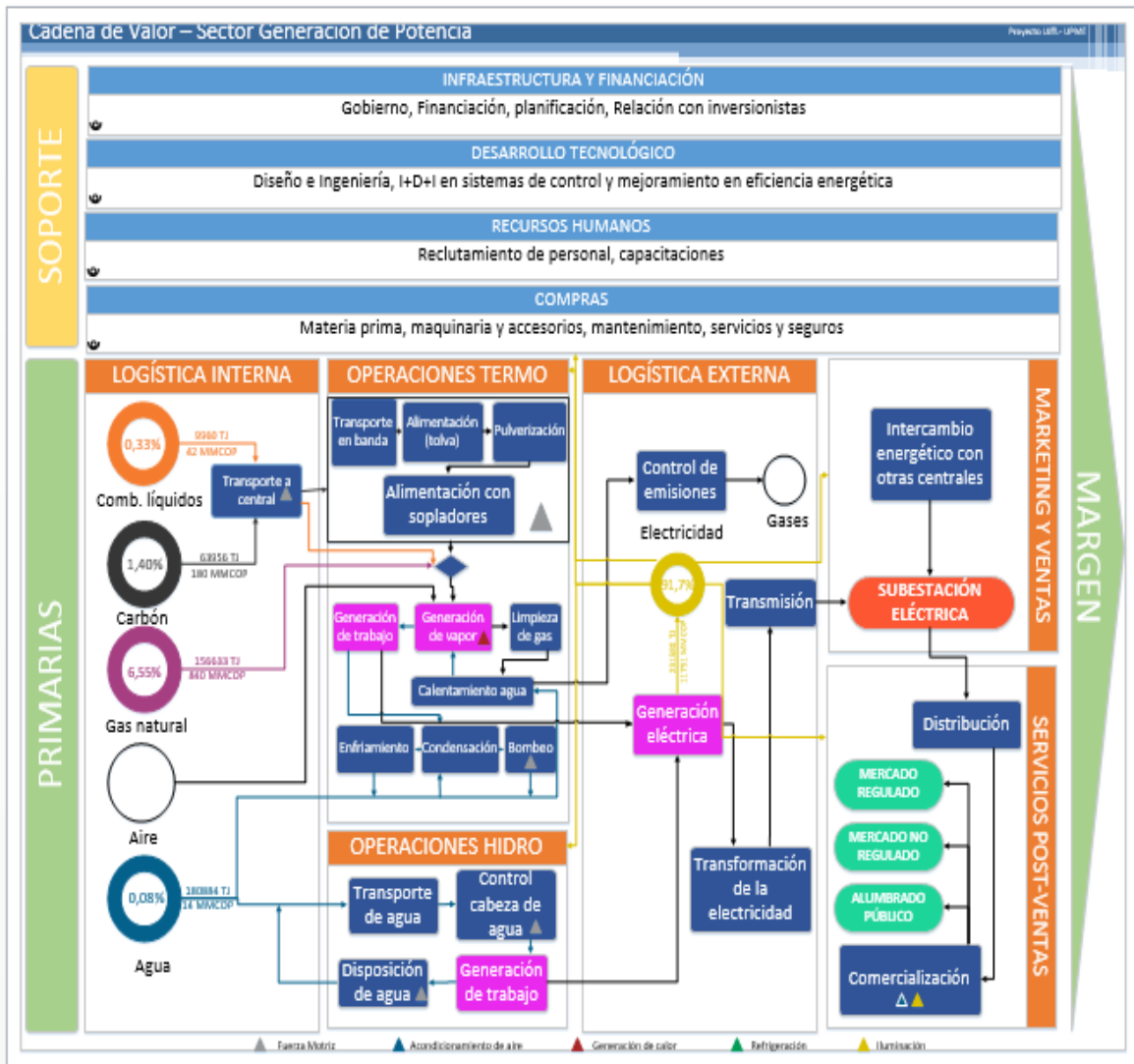


Figura 273. Cadena de valor para el sector de generación de energía

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del BECO y la matriz insumo- producto del DANE [11] [81]

## 8 Análisis de evolución tecnológica de los principales usos finales de la energía

---

### 8.1 Fuerza Motriz

#### 8.1.1 Clasificación De Los Motores

Los motores pueden clasificarse de diversas formas, una de las formas de clasificación es de acuerdo al tipo de energía que transformen.

**Motores Térmicos:** Son motores que usan la energía calórica para producir trabajo mecánico. Estos a su vez se pueden clasificar en:

- Motores De Combustión Interna: En estos motores el proceso ocurre al interior del mismo motor como por ejemplo los autos de gasolina o diésel. Este tipo de motores es usado en la mayoría de los automotores en el mundo y tienen el inconveniente de las emisiones contaminantes que arrojan al aire.
- Motores De Combustión Externa: El proceso térmico es realizado por fuera del motor como por ejemplo los motores a vapor.

**Motores Hidráulicos:** Estos motores utilizan la energía almacenada en un aceite en forma de presión para generar un par de torsión. Para aumentar la presión del sistema se usan motores eléctricos. Estos motores son usados como actuadores en sistemas hidráulicos.

**Motores Eléctricos:** Estos usan como fuente de energía la corriente eléctrica, ya sea corriente continua (DC) o corriente alterna (AC). Se caracterizan por ser motores limpios en cuanto a emisiones.

A continuación, se estudiará la evolución histórica de los **Motores de Combustión Interna** y los **Motores Eléctricos**.

#### 8.1.2 Evolución Histórica de la Tecnología a Nivel Internacional

Mucho antes de la creación de los primeros motores eléctricos o de combustión interna los ingenieros ya teorizaban y establecían las bases teóricas de su funcionamiento con el objetivo de remplazar los motores a vapor de la época. En 1816 el ingeniero Wilhelm Schmidt, (Alemania) formuló las condiciones teóricas para el funcionamiento de los motores de combustión interna [82].

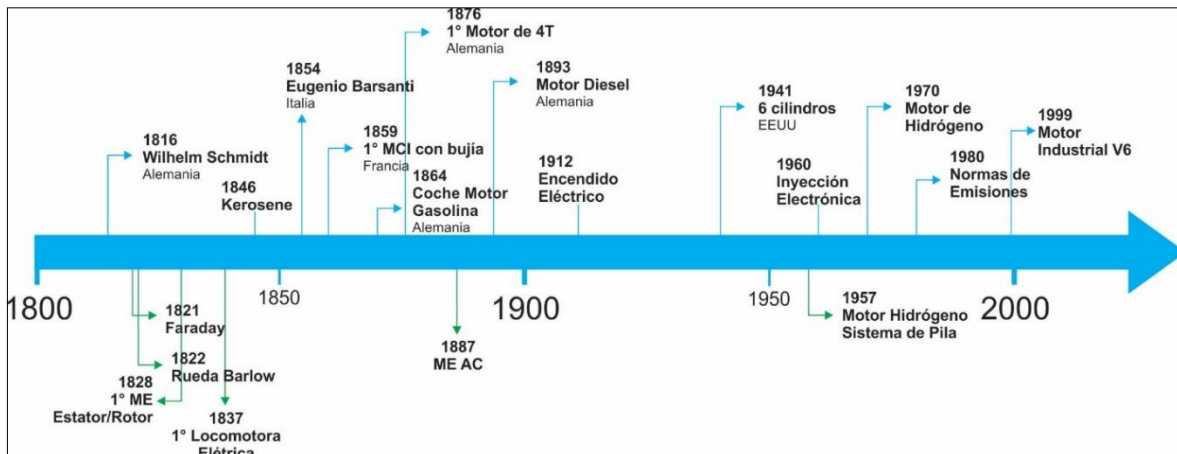


Figura 274. Línea de tiempo de la evolución de los motores de combustión interna y motores eléctricos a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia

En 1821 Michael Faraday (Inglaterra) demuestra los principios de conversión de energía eléctrica en energía mecánica creando un simple dispositivo que lograba girar gracias a la inducción electromagnética. Con estos principios en 1822 Peter Barlow (Inglaterra) crea la rueda de Barlow, capaz de girar gracias a la acción de una corriente eléctrica [83].

En 1828 Ányos Jedlik crea el primer motor eléctrico con rotor, estator y conmutador. Este dispositivo no requería de imán permanente.

1832: William Sturgeon inventa el primer motor eléctrico usado en una aplicación práctica.

1837: Robert Davison (Escocés) inventa la primera locomotora eléctrica.

Hacia 1854 Eugenio Barsanti y Felice Matteucci (Italia) hacen grandes avances en la construcción del primer motor de combustión interna logrando construir diferentes prototipos, desafortunadamente en 1864 Barsanti fallece y con él su proyecto.

El desarrollo de la industria de los derivados del petróleo, como el keroseno (1846) usado como combustible para lámparas y calderas, creó un ambiente propicio para el desarrollo y construcción de motores de combustión. Algo similar sucedió con el motor eléctrico y el desarrollo del dínamo hacia 1831 por Faraday. Antes del desarrollo del dínamo, la electricidad debía generarse con procesos químicos en baterías primitivas lo que limitaba sustancialmente su implementación en aplicaciones prácticas.

En 1859 el ingeniero Joseph Etienne Lenoir (Francia) fabrica el primer motor de combustión interna, el cual ya incluía una bujía. Este motor era de un solo pistón y necesitaba de dos sistemas de ignición, uno para realizar el trabajo útil y otro para devolver el pistón. Su eficiencia era del 5% y su combustible era el gas de carbón. Usando este motor, al siguiente año se construye el primer coche movido por un motor de combustión interna [82].

En 1864 Siegfried Marcus (Alemania) construye un coche propulsado por motor de gasolina.

En 1866 Werner Von Siemens construye el primer dínamo aplicado a la industria.

En 1867 el ingeniero Nikolaus August Otto desarrolla su primer motor de combustión interna y para 1876 Otto logra construir el primer motor de cuatro tiempos de la historia.

Por la misma época también se diseña el primer motor que funcionaba con keroseno (George Brayton 1873) y el primer motor que funcionaba con gas (Dugald Clark 1876).

En 1887 Nikola Tesla presenta la patente para el primer motor eléctrico de corriente alterna.

Entre los años 1893 y 1898 el ingeniero Rudolf Diesel (Alemania) desarrolla el motor que lleva su nombre. El principio de funcionamiento de este motor consistía en encender el combustible en el cilindro por medio del calor resultante de la compresión del gas. Este motor mejoró la relación de compresión de los motores de la época y aumentó la eficiencia.

En 1912 se desarrolla el encendido eléctrico el cual soluciona de inmediato dos de los problemas que aquejaban los motores de combustión interna: el incómodo encendido con manivela y la dificultad para encender en frío.

Hasta este momento los autos con motores eléctricos competían con los autos impulsados con motores de combustión interna, pero con el desarrollo por Henry Ford del sistema de fabricación en serie que abarató el costo de los autos con motor de combustión interna, sumado a la invención del encendido eléctrico, al abaratamiento de los combustibles derivados del petróleo y la necesidad de la población de más autonomía debido al incremento de la infraestructura vial de EEUU finalizó esta competencia a favor de los autos con motores de combustión interna [84].

Para 1957 Francis T. Bacon desarrolla el motor de hidrógeno que funciona con sistema de pila. Este sistema consiste en obtener una corriente eléctrica a partir del hidrógeno la cual es usada para activar un motor eléctrico.

En 1960 se desarrolla el sistema de inyección electrónica, pero es hasta 1980 que este sistema se masifica debido a las exigentes leyes tendientes a disminuir las emisiones de los autos. Estas leyes también regularon el uso de plomo en la gasolina.

Hacia 1970 Paul Dieges solicita una patente para un motor de hidrógeno, aunque este fue realmente inventado en 1807 por François Isaac de Rivaz. Este motor de combustión interna usa el hidrógeno como combustible térmico.

Recientemente la conciencia ambiental ha influido en todos los aspectos tecnológicos de la humanidad incluyendo los motores, más aún teniendo en cuenta que los motores de combustión interna son una de las principales fuentes de emisión de gases de invernadero. Esto ha llevado a la necesidad de aumentar la eficiencia de los motores, a buscar nuevas fuentes de energía que sean más amigables con el ambiente y a una tendencia a reemplazar los motores de combustión interna de los vehículos por motores eléctricos, un ejemplo de esto se evidencia con los esfuerzos realizados por Tesla Motors para masificar el vehículo eléctrico en Estados Unidos y Europa.

### 8.1.3 Evolución histórica de la tecnología en Colombia

El primer auto en llegar a Colombia lo hizo en el año de 1899 en Medellín y fue traído por el empresario Carlos Coroliano Amador [85], años más tarde en 1903 llegó a Colombia el segundo auto del país, esta vez a la ciudad de Bogotá, importado por Ernesto Duperly [86], en esta época la gasolina se importaba de Estados Unidos en cubos de lata. Estos autos fueron traídos al país como exhibición más no para comercialización.

Fue hacia 1920 después de la primera guerra mundial que los automóviles empezaron a ser importados a Colombia masivamente y nació la industria automotriz en el país [86]. A partir de este momento se inicia la importación de vehículos Cadillac, Fiat, Renault, y el modelo T de Ford.

En la década de los años veinte aparece por primera vez el motor diésel en Colombia el cual era usado en los barcos que surcaban el río Magdalena, se implementó con la intención de mejorar y hacer más eficiente la navegabilidad por el río. Estos primeros motores fueron los precursores de la utilización a gran escala de este tipo de tecnología en el país no solo en barcos sino en camiones, también abrió el camino a la comercialización del fuel-oil en el país.

Gracias a la industrialización que vivió el país, durante los primeros treinta años del siglo pasado el motor de vapor empezó a ser sustituido por el motor eléctrico AC ya que era más eficiente y tenía mejores prestaciones técnicas. La implementación de esta tecnología se dio principalmente en Bogotá y Medellín ya que estas eran las ciudades en donde se concentraba la industria; la adopción de este tipo de motores en la industria seguía el camino de la electrificación del país.

En 1956 Colombia entra en la era del ensamblado con el establecimiento de la fábrica de Colmotores, la cual entraría en operación el primero de febrero de 1962. En 1979 la fábrica es comprada por General Motors y cambia la razón social GM Colmotores [87].

En 1961 el empresario Leónidas Lara establece su propia planta ensambladora en la ciudad de Bogotá en la que en la actualidad ensambla vehículos Mazda y Mitsubishi y en 1969 entra en operación la ensambladora SOFASA ubicada en Envigado Antioquia.

En 1982 con el cierre de la apertura económica se disminuye la importación de vehículos al país, por lo que la cantidad y variedad de vehículos era restringida.

En los años 90 gracias a la apertura económica se incrementa la entrada de vehículos al país, lográndose cifras record en ventas, antes de la liberación económica el mercado era dominado por ensambladoras locales [87].

En 1990 Sofasa-Renault ensambla el primer vehículo con inyección electrónica multipunto en Colombia remplazando al antiguo carburador y abriendo el camino a este tipo de tecnología en el país [88]. Esta tecnología consiste en inyectar la mezcla de aire y combustible en cada cilindro del motor controlado por un sistema electrónico el cual regula y dosifica la mezcla, gracias a este sistema se logran reducir las emisiones contaminantes a la vez que se mejora el rendimiento del sistema.

En 1995 el Ministerio del Medio Ambiente regula las emisiones de los vehículos automotores por medio del artículo 91 del decreto 948 de 1995, en el cual se exige a los importadores y

ensambladores el certificado de prueba de emisiones por prueba dinámica, los cuales deberán cumplir con las exigencias del ministerio en emisiones, normas de opacidad y turbo-carga [89].

El 30 de noviembre de 1995 se inaugura la primera línea del metro de Medellín el cual cuenta con motores eléctricos de corriente continua de 750 VDC, los cuales también son usados como generadores en los sistemas de frenos [90].

El Ministerio de Medio ambiente expide la resolución 864 de 1996 con la que identifica cuáles serán los equipos de control ambiental que serán beneficiarios de beneficios tributarios, entre los que incluyen los equipos de inyección electrónica (monopunto y multipunto) y el turbocargador para motores diésel entre otros sistemas [91]. Es precisamente por esta época que los ensambladores e importadores empiezan a incluir el sistema de inyección electrónica en el País en los nuevos vehículos sustituyendo la tecnología de carburador [92].

En el año 2000 empieza a funcionar el sistema de transporte masivo de Bogotá, Transmilenio, con 14 buses articulados, en las troncales Autonorte, Calle 80 y Caracas [93], representando el inicio de un cambio sustancial en el sistema de transporte público de la capital.

En 2001 se expide la ley 693 “Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones” con esta ley Colombia empieza a promover el uso del etanol debido a su atractivo económico, a su contribución al desarrollo sostenible y a la vez para diversificar la canasta energética [69].

Con la expedición de la ley 939 de 2004, se incluye a los motores diésel en la era de los biocombustibles al establecerse estímulos para la producción y comercialización de biocombustibles de origen animal y vegetal para uso en motores diésel, ampliando así lo dispuesto en la ley 693 de 2001 [69].

Se expide el decreto 802 de 2004 “Por medio del cual se establecen algunas disposiciones para incentivar el consumo del Gas Natural Comprimido para uso Vehicular, GNCV.” En el que se establece que “Los productores, transportadores, distribuidores, comercializadores de gas natural y comercializadores de GNCV ofrecerán Condiciones Comerciales Especiales para beneficio de las personas que utilizan gas natural comprimido como combustible en vehículos automotores [...]” en cumplimiento de este decreto nace el bono para las personas que quieran convertir su automóvil a GNV logrando que se acelere las conversiones a esta tecnología. Los aportantes económicos de este bono fueron: Ecopetrol S.A., Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P., Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Empresa transportadora de Metano E.S.P. S.A. [94]

En 2005 China inicia la exportación de vehículos hacia Colombia [87]

En el 2008 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide la resolución 910 de 2008 por la cual regulan las emisiones contaminantes de los automotores terrestres, estableciéndose límites máximos permitidos para las emisiones de CO (Monóxido de Carbono), HC (Hidrocarburos) y NOx (Óxidos de Nitrógeno) y adicionalmente HCNM (Hidrocarburos diferentes al metano) y MP (Material particulado) para vehículos con motor diésel [95].

Se expide el decreto 035 de 2009, con el que se regula la circulación de las motos de ciclo de dos tiempos en la capital del país. Como primera medida evita que se registren nuevos vehículos con tecnología dos tiempos y además establece las reglas para salida progresiva de las motocicletas que ya están en circulación. Esta medida está encaminada a reducir las emisiones contaminantes producidas por los motores dos tiempos los cuales tienen mayores emisiones que los motores cuatro tiempos. A pesar de que la medida tiene cobertura únicamente en la capital del país, los importadores y ensambladores ya se van sumando a la tendencia de sustitución de motores dos tiempos por motores cuatro tiempos en las motocicletas.

En 2009 se expide el decreto 1135 el cual regula el uso de alcoholes carburantes en el país y el cual en su artículo primero determina lo siguiente “A partir del 1° de enero del año 2012 los vehículos automotores hasta 2000 cm<sup>3</sup> de cilindrada que se fabriquen, ensamblen, importen, distribuyan y comercialicen en el país y que requieran para su funcionamiento gasolinas, deberán estar acondicionados para que sus motores funcionen con sistema Flex-fuel (E85), es decir, que puedan funcionar normalmente utilizando indistintamente gasolinas básicas o mezclas compuestas por gasolina básica de origen fósil con al menos 85 % de alcohol carburante” esta medida se suma a las ya establecidas encaminadas en promover el uso de biocombustibles en el país.

En el 2010 empiezan a ingresar al país vehículos con motores diésel que cumplen con la normativa EURO IV en los sistemas de transporte masivo.

Entre el 2010 y 2014 se duplicó la producción de motocicletas en el país, llegando a una producción de 662.635 unidades [96].

En el 2013 con el objetivo de estimular la importación y compra de vehículos eléctricos el 17 de diciembre se expide el decreto 2909 de 2013 “Por el cual se modifica parcialmente el Arancel de Aduanas y se establecen unos contingentes para la importación de vehículos eléctricos e híbridos” con el que se otorgan concesiones arancelarias para la compra e importación de vehículos eléctricos e híbridos. A pesar de este incentivo la acogida de los autos eléctricos e híbridos ha sido muy pobre en Colombia.

En el 2014 entran en operación los primeros buses híbridos en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) en Bogotá los cuales usan tanto un motor diésel como uno eléctrico, estos motores aumentan el rendimiento general del vehículo y disminuyen las emisiones de gases contaminantes [97].

El primero de enero de 2015 entra en vigencia la resolución 1111 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a partir de la entrada en vigencia de esta resolución todos los vehículos con motores diésel que entren al país deberán cumplir con el estándar de emisiones EURO IV [98].

De los principales hitos acontecidos en la historia colombiana de los motores se puede concluir que un importante agente transformador en la evolución de los motores ha sido el propio estado en busca de reducir las emisiones contaminantes y en procura de alcanzar un desarrollo sostenible.



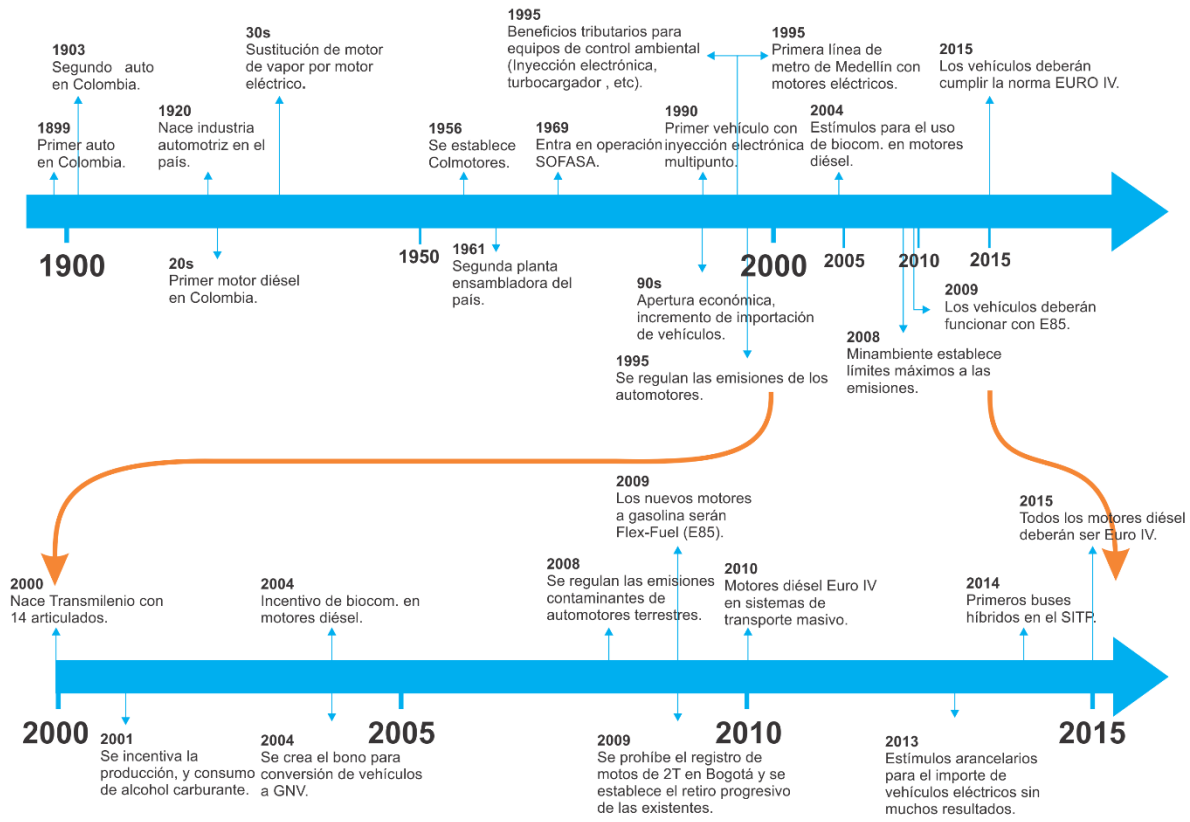


Figura 275. Línea de tiempo de la evolución de los motores de combustión interna y motores eléctricos en Colombia

Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.4 Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica

##### 8.1.4.1 Vehículos basados en motores de combustión interna (ICE)

En Figura 276 se pueden observar las tendencias tecnológicas en vehículos basados en motores de combustión interna (ICE), con gran relevancia en el uso de combustibles alternativos, aumentando el número de documentos desde el año 2000. Adicionalmente, se ha mostrado un interés importante en el tratamiento de los gases de escape y recuperación de la energía desperdiciada por el motor. Otras tendencias tecnológicas destinadas la gestión y control del motor se encuentran en crecimiento inicial, esperando un desarrollo de las mismas en las siguientes décadas.



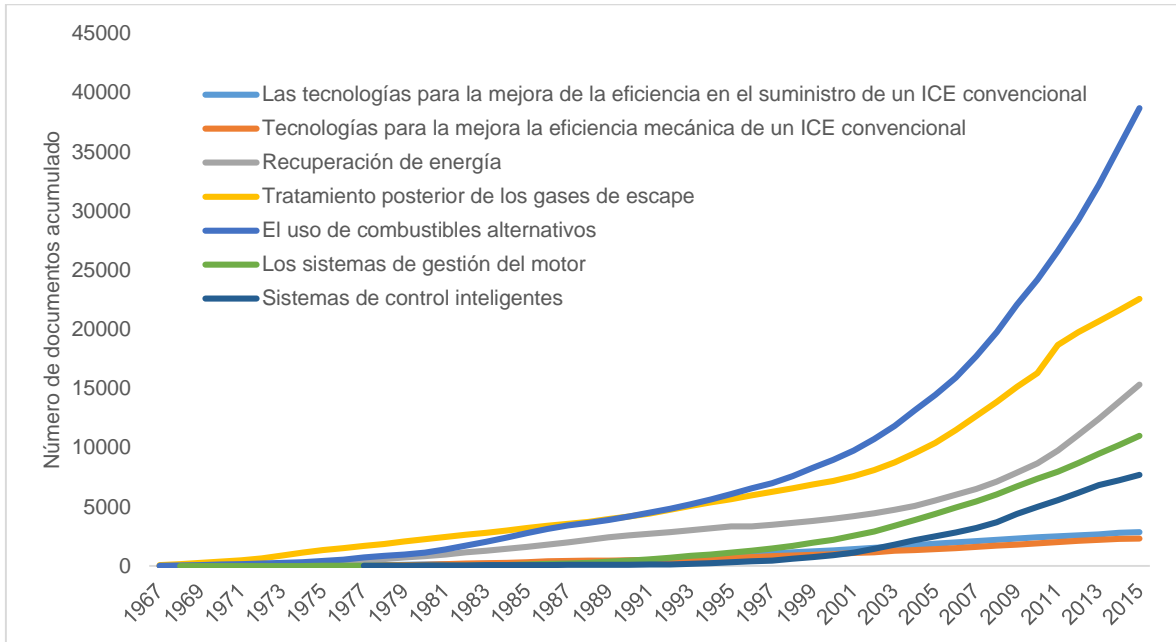


Figura 276. Curva de Tendencia: Vehículos basados en motor de combustión interna  
Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.1.1 Tecnologías para la mejora de la eficiencia en el suministro de un ICE convencional

Con el objetivo de mejorar la eficiencia en la obtención energética del combustible se ha estado trabajando en diferentes tipos de mezclas de sustancias tanto combustibles como no combustibles cuyas curvas de tendencia se muestran en la siguiente figura.

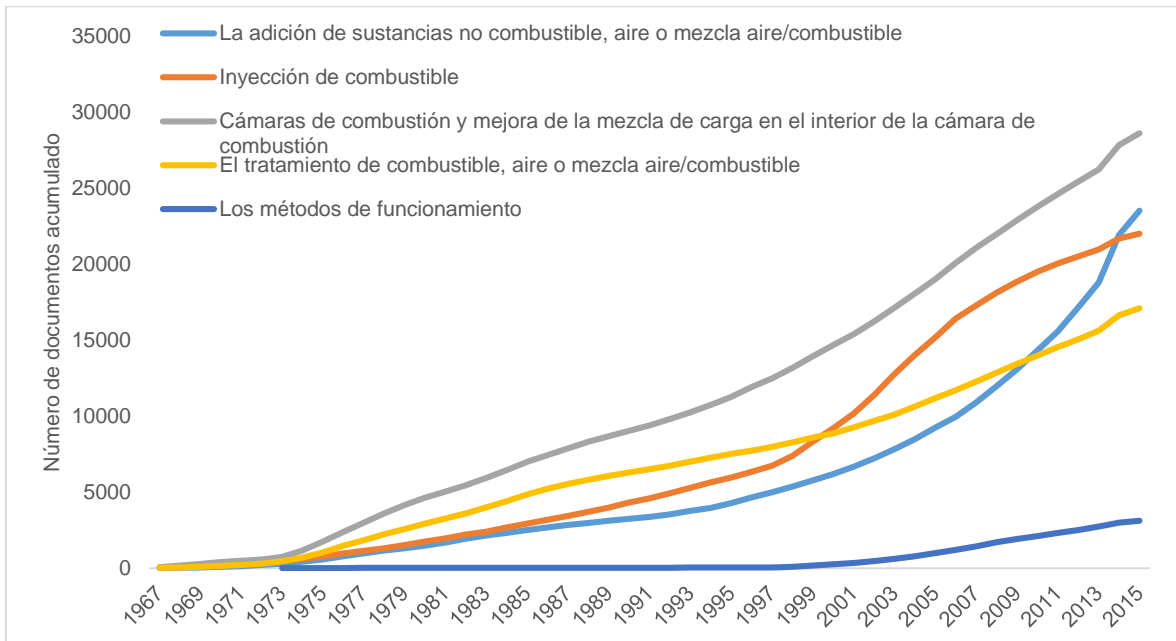


Figura 277. Curva de Tendencia: Las tecnologías para la mejora de la eficiencia en el suministro de un ICE convencional  
Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.1.1.1 Adición de sustancias no combustibles, aire o mezcla aire/combustible

Los motores de combustión contienen un cilindro y una cámara de combustión de volumen variable producido por el movimiento alternativo de pistón, los cuales son utilizados para recibir la mezcla de la alimentación. Para este proceso se requiere formar unas finas gotas de combustible para ser inyectadas en la cámara de combustión comprimida a presiones muy altas para realizar la mezcla de líquido/gas a altas temperatura. El resultado de la combustión de los gases calientes y presurizados causa movimiento en el pistón y posteriormente generación de energía.

Ventajosamente, el combustible consiste esencialmente en agua y una sustancia inflamable (alcohol, acetona, aldehído o de otra sustancia no fósil inflamable), pero preferiblemente que sea soluble en agua. (El término no fósil se utiliza para referirse a un combustible que no se deriva sustancialmente de base fósil, materiales no renovables, como petróleo o gas natural, pero a partir de una fuente renovable).

#### 8.1.4.1.1.2 Inyección de combustible

Un sistema de inyección de combustible para motores de combustión interna contiene un inyector construido con una placa de orificio de pulverización, en el cual inyecta combustible en una cámara de combustión. El combustible inyectado se distribuye de manera homogénea para generar el encendido a la mezcla de combustible-aire.

#### 8.1.4.1.1.3 Cámaras de combustión y mejora de la mezcla de carga en el interior de la cámara de combustión

Los motores de combustión interna obtienen la energía mecánica a través de la energía química de un combustible o la mezcla el combustible hidrocarburo y aire. Estos componentes arden dentro de la cámara de combustión para generar una rápida expansión de la mezcla. Este proceso actúa directamente sobre un cuerpo (pistón o rotor) que está conectado a un eje de salida, con el fin de provocar la rotación del eje. Sin embargo, la quema de combustible produce una variedad de compuestos y materiales tales como hollín, ceniza, hidrocarburos no quemados, agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono. Por ello, se diseñan una variedad de estrategias de operación y geometrías de los componentes que se utilizan para eliminar o reducir las emisiones en el escape de los gases del motor, y así obtener la optimización de la eficiencia combustible y aumentar la potencia.

#### 8.1.4.1.1.4 Tratamiento de combustible, aire o mezcla aire/combustible

Son motores que tienen carburadores con medios para facilitar los motores el arranque o el ralentí (número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerado.) por debajo de las temperaturas operativas, que ayuda a la disminución de contaminantes liberados y el gasto excesivo en los motores cuando se encienden

#### 8.1.4.1.1.5 Métodos de funcionamiento

Existen diferentes métodos de funcionamiento de los ICE que pueden mejorar su funcionamiento como el motor de HCCI, que es una combinación entre motores de gasolina y diésel, en donde la mezcla de aire y combustible se realiza por fuera de la cámara de combustión, como en los motores de gasolina de inyección indirecta; pero no se enciende por una chispa, sino que se auto inflama por compresión y la alta temperatura. Además, teniendo en cuenta distribución del carburante en el

aire, la mezcla puede ser homogénea o estratificada. El HCCI, utiliza una distribución homogénea o uniforme del carburante, a consecuencia de esto la inflamación de la mezcla se produce en varios lugares dentro de la cámara de combustión, y esto hace que la mezcla de combustible/aire se quemé casi simultáneamente.

#### 8.1.4.1.2 Tecnologías para la mejora la eficiencia mecánica de un ICE convencional

Son sistemas de control que mejoran la regulación e inyección del combustible para aumentar la economía del combustible de los vehículos y aumentar la potencia, por medio de motores térmicos de ciclo combinado o compuesto; es decir, la utilización de la energía térmica normalmente desechados en los gases de escape de motores de combustión interna mediante la conversión del calor en trabajo mecánico de una manera altamente eficiente, lo que aumenta la eficiencia global de utilización de combustible, también se utilizan fluidos de trabajo, tales como productos de la combustión de aire-combustible, vapor y aire comprimido, etc.

##### 8.1.4.1.2.1 Métodos de operación

Se han desarrollado diferentes métodos de operación, como apertura y reapertura de válvulas de admisión y de escape con la esperanza de mejorar la eficiencia mecánica de los ICE, por ejemplo, en un motor de combustión interna alternativo las válvulas de admisión, que llevan la mezcla de aire y combustible, se cierran cuando el pistón comienza la compresión. En el ciclo Atkinson se retrasa el cierre de las válvulas de admisión, volviendo así, parte de la mezcla al conducto de admisión. Con este procedimiento se consigue un considerable ahorro de combustible, una menor temperatura y presión en el cilindro restando vibraciones al motor y aumentando la eficiencia global del ciclo teórico de Otto.

Otro buen ejemplo son los motores Ericsson en los que combustión ocurre en una cámara externa por lo que el gas motor se calienta desde el exterior. Para mejorar el rendimiento (térmico y total) el motor Ericsson dispone de un regenerador o recuperador de calor. Puede funcionar en ciclo abierto o cerrado. La expansión y la compresión se producen simultáneamente, en las caras opuestas del pistón.

##### 8.1.4.1.2.2 Motores no inyectados naturalmente

Son medios o métodos que utiliza la industria del automóvil para generar niveles considerables de potencia durante períodos prolongados de tiempo para el ahorro de combustibles. Esto se realiza a través de motores de combustión interna que emplean dispositivo de sobrealimentación de aire o alimentación forzada de aire, tal como un turbocompresor, para comprimir el flujo de aire antes de que entre en el colector de admisión del motor con el fin de aumentar la potencia y la eficiencia. Además, el ahorro de combustible se realiza mediante el aumento de la presión del colector de admisión con el fin de disminuir las pérdidas de bombeo internas.

##### 8.1.4.1.2.3 Inyección de la mezcla en la cámara de combustión

Son métodos y dispositivos de sobrealimentación de un motor de combustión interna en el que se inyecta un chorro de gas pulsante a alta velocidad en una cámara de combustión, donde el intercambio de impulso entre el chorro y la mezcla de aire o aire /combustible en la cámara proporciona la aceleración del aire o mezcla aire/combustible hacia una salida de la cámara que está conectado a un puerto de entrada de un cilindro del motor; además, se induce más aire o mezcla

de aire/combustible en la cámara, para proporcionar una carga de inducción de impulsos que aumenten la presión y pueda llegar al cilindro de admisión; es decir, los motores de combustión interna están equipados con sobrealimentación para aumentar la energía, a través de la compresión del aire que es requerida para el proceso de combustión en el motor, dando resultado mayor masa de aire para el suministrado a cada cilindro por ciclo de trabajo.

#### 8.1.4.1.2.4 Reducción o disminución de velocidad

Los fabricantes de automóviles trabajan continuamente para reducir el tamaño de los motores para mejorar la economía de combustible y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, a través de la reducción de la potencia de salida del motor debido a la reducción del tamaño. Los sistemas contienen turbocompresores para aumentar la salida de potencia del motor, además, contiene una turbina que impulsa los gases de escape y un compresor conectado de forma motriz a la turbina para comprimir el aire de admisión suministrado a los cilindros. También se obtiene buena eficiencia de los motores de gasolina de encendido por chispa, el cual aumenta mediante la operación de alta relación de compresión y, particularmente, por la reducción del motor. La reducción del tamaño del motor se hace posible por el uso de presión sustancial impulsada por cualquiera de turboalimentación o sobrealimentación.

#### 8.1.4.1.3 Recuperación de energía a partir de fuentes de calor de baja temperatura del ICE para producir energía adicional

Son dispositivos de calentamiento y silenciadores combinados para ser adaptados especialmente para vehículos, lanchas, aviones u otras estructuras que tengan a motores tipo explosión. El escape de los motores que usualmente es expulsado a la atmósfera a temperatura alta pasa a través de un conducto de escape calentándose a temperaturas altas para ser dirigidas a un compartimiento del vehículo para diferentes usos. En la Figura 278 se pueden apreciar las curvas de tendencia de las principales tecnologías en recuperación de energía en los motores de combustión interna, mientras que la recuperación de calor residual se encuentra en crecimiento tardío, el uso de turbohélices para recuperar la energía a partir de los gases de escape se encuentra en crecimiento inicial.

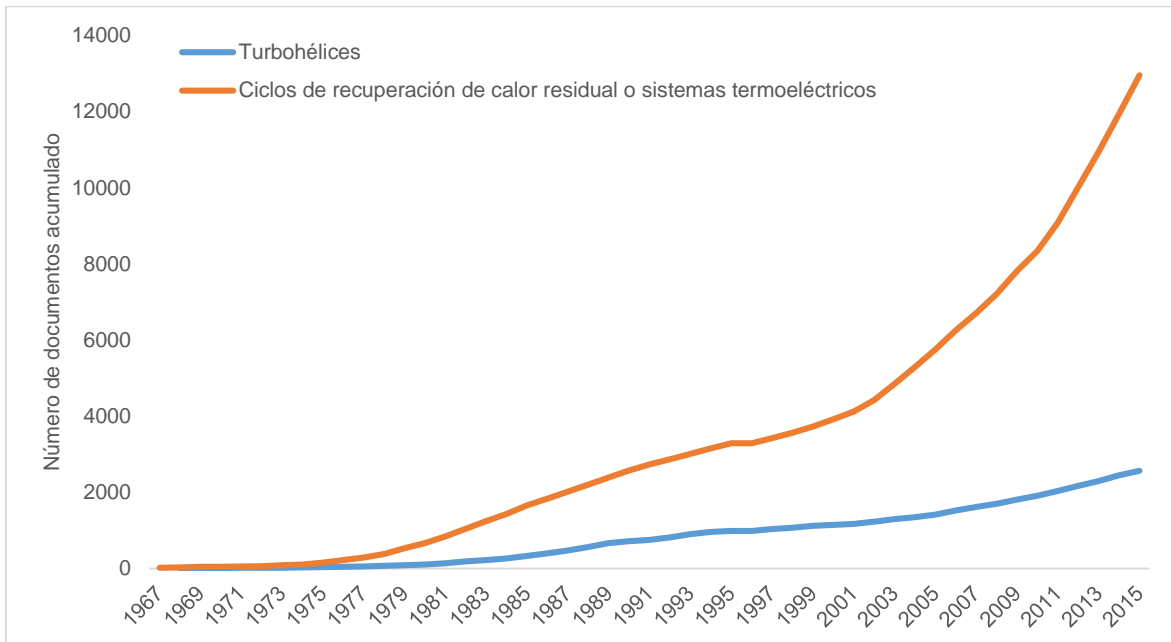


Figura 278. Curva de Tendencia: Recuperación de energía a partir de fuentes de calor de baja temperatura del ICE para producir energía adicional

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.1.3.1 Turbohélices

Un motor turbo compuesto está construido con un cigüeñal y una turbina de potencia dispuestos para el paso del gases de escape y están conectados entre sí mediante un tren de engranajes, el cual durante el frenado de escape genera la rotación del cigüeñal para transmitir potencia a la turbina; es decir, refiere a un motor turbo compuesto capaz de recuperar la energía de los gases de escape como un trabajo de expansión adiabática de la turbina y utilizar la energía recuperada en la rotación de un eje de accionamiento tal como un eje del cigüeñal.

#### 8.1.4.1.3.2 Ciclos de recuperación de calor residual o sistemas termoeléctricos

Un vehículo tiene un componente de emisor de calor y un generador termoeléctrico, que tiene un componente absorbente o fuente de calor acoplado térmicamente con el componente de emisor de calor, el cual genera una tensión eléctrica o una corriente eléctrica a partir del gradiente de temperatura que se encuentra ubicado entre los elementos mencionados. Lo anterior, se realiza con el fin de convertir el calor residual almacenado en los componentes individuales del vehículo en energía eléctrica mediante el uso de un generador termoeléctrico dispuesto de forma sencilla y compacta, este sistema puede ser utilizado cuando el vehículo está estacionado.

#### 8.1.4.1.4 Motores alternativos de émbolo

Un motor rotativo de combustión interna tiene una cámara interior circular, que contiene una pluralidad de cilindros con pistones alternativos que se mueven en una dirección radial hacia y desde el centro de la cámara interior. Un conjunto de engranajes conectados operativamente a los pistones de movimiento alternativo provocando una fuerza para girar y difundir el par a un eje central que se extiende través de la cámara interior.

#### 8.1.4.1.5 Válvula de admisión o características de funcionamiento de válvula de escape

Son dispositivos para la mezcla de aire/combustible y de escape de los gases residuales luego de la combustión que provoca el movimiento. Los dispositivos de control de funcionamiento de válvulas para un motor de combustión interna que tiene un modo de funcionamiento de la válvula para conmutar la operación de apertura / cierre de una válvula de admisión o de escape entre un modo de funcionamiento a baja o alta velocidad del motor.

#### 8.1.4.1.6 Tratamiento posterior de los gases de escape

Son sistemas, métodos o dispositivos para el tratamiento del gas de escape emitido por un motor de combustión interna, en particular mediante la introducción de uno o más compuestos aditivos en la corriente de gas para el tratamiento. En la Figura 279 se pueden observar un crecimiento en el número de patentes referentes a los reactores de reducción catalítica a partir del 2009 llegando a un crecimiento tardío. Mientras que el crecimiento en catalizadores de tres vías y en el acondicionamiento térmico de los gases de escape no han tenido dicho crecimiento.

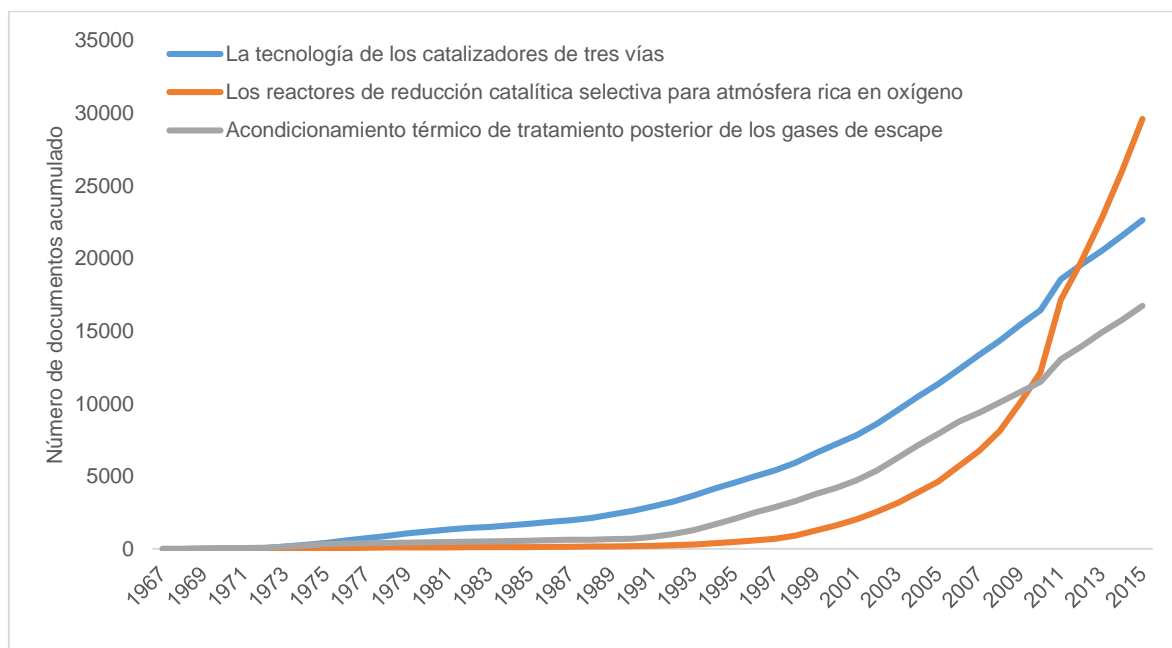


Figura 279. Curva de Tendencia: Tratamiento posterior de los gases de escape

Fuente: Elaboración propia CIDET

##### 8.1.4.1.6.1 Tecnología de los catalizadores de tres vías

La presente se refiere a filtros catalizadores específicos para su uso en tratamiento, filtrado o eliminación de óxidos de nitrógeno o gases de escape emitidos por un motor de combustión interna.

##### 8.1.4.1.6.2 Reactores de reducción catalítica selectiva para atmósfera rica en oxígeno

Son dispositivos y métodos útiles para el tratamiento de los gases de escape generados durante la combustión de hidrocarburos. Y particularmente, se refiere a filtros catalíticos selectivos para la reducción y/o eliminación de óxido de nitrógeno y hollín presente en las corrientes de gas de escape de motores o generadores de combustión interna.

#### 8.1.4.1.6.3 Acondicionamiento térmico de tratamiento posterior de los gases de escape

Se hace descripción a motores de combustión interna, y más particularmente, a sistemas y métodos para aumentar la temperatura de los catalizadores para el tratamiento de los gases de escape cuando el motor se pone en marcha.

#### 8.1.4.1.7 Uso de combustibles alternativos

El proceso de combustión característico de los ICE no solo se produce con combustibles tradicionales derivados del petróleo, en este apartado se tratarán otros tipos de combustibles que pueden reemplazar los combustibles tradicionales. Como se puede observar en la Figura 280 el tipo de combustible más utilizado son los gaseosos, seguido por la combinación de combustibles y finalmente los combustibles líquidos o sólidos.

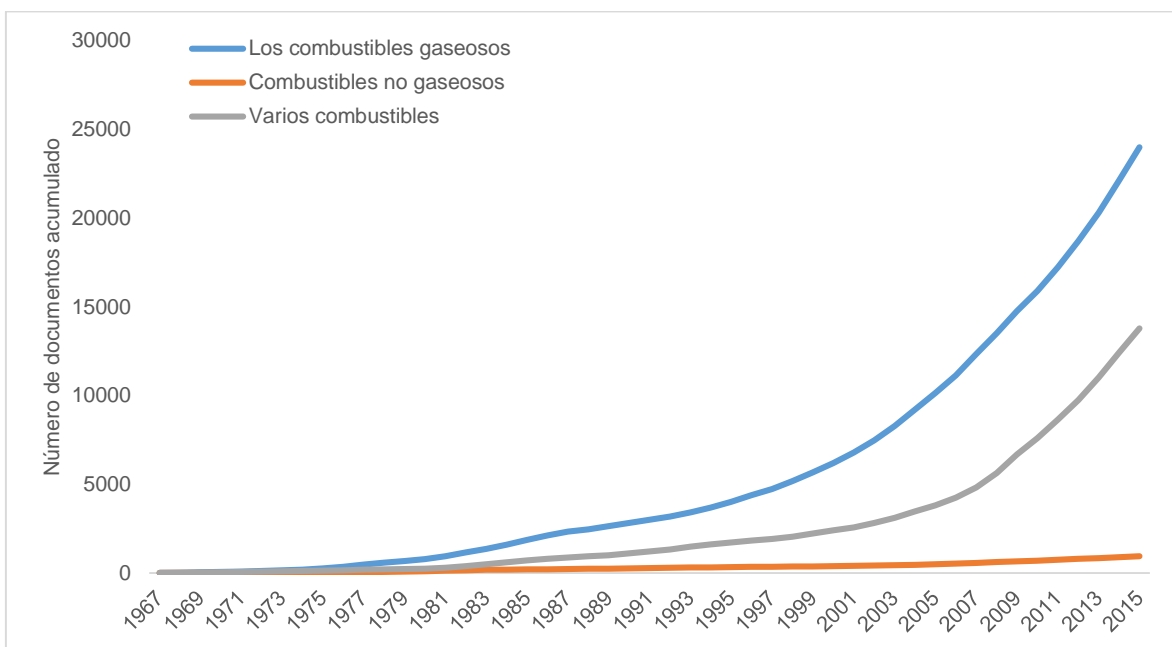


Figura 280. Curva de Tendencia: El uso de combustibles alternativos

Fuente: Elaboración propia CIDET

##### 8.1.4.1.7.1 Los combustibles gaseosos

En los últimos años se han masificado el uso de combustibles de tipo gaseoso, caracterizados porque su estado facilita el proceso de combustión

##### 8.1.4.1.7.2 Combustibles no gaseosos

Se refiere a motores de combustión interna en general a métodos, sistema y estructuras que implican un suministro adecuados para el uso eficiente de hidrocarburos solidos como combustible, ejemplo, carbón.

##### 8.1.4.1.7.3 Varios combustibles

Son dispositivo y métodos de control para suministrar combustible a un motor de combustión interna a partir de un suministro de carburantes múltiples contenidos en un solo tanque de almacenamiento.

#### 8.1.4.1.7.4 Los combustibles no fósiles

La presente se refiere al motor de combustión interna, particularmente, a un método de control para suministrar un aditivo de combustibles que se utiliza para mejorar el rendimiento del motor y la reducción de los gases de escape, por ejemplo, el amoniaco.

#### 8.1.4.1.8 Los sistemas de gestión del motor

La presente se refiere a sistemas y métodos control para el control del arranque o la parada de motores de combustión interna, por los cuales se puede optimizar su consumo. Las curvas de tendencias en tecnologías para gestión del motor se muestran en la Figura 281, con una inclinación hacia el control en el suministro de la mezcla y el tratamiento de los gases de combustión.

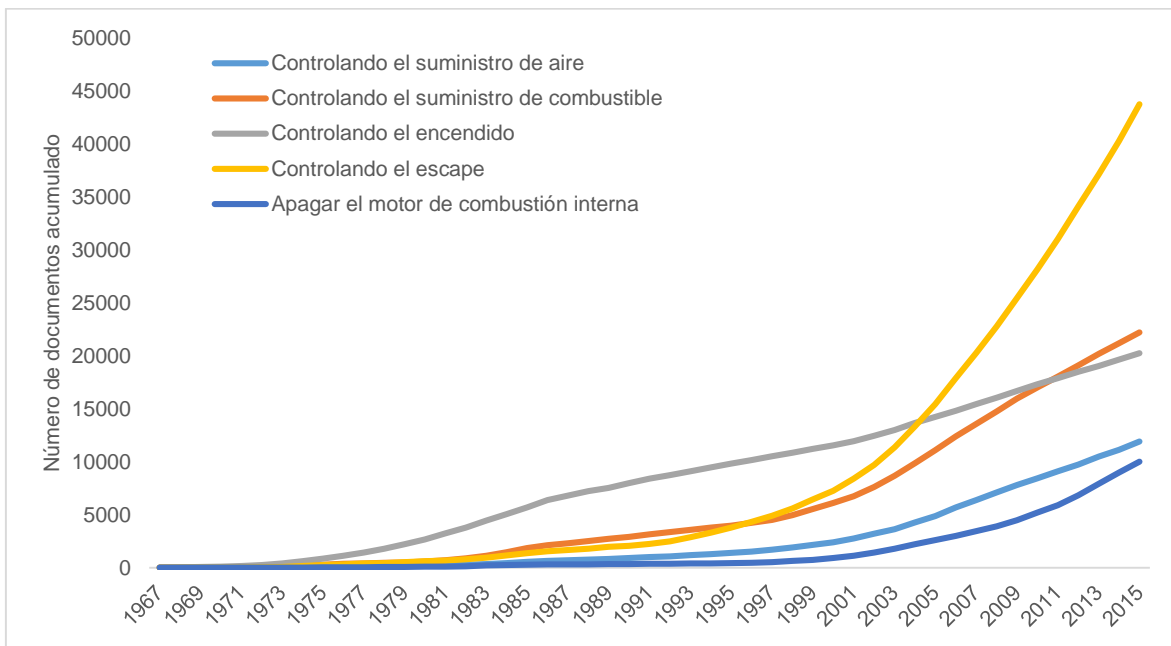


Figura 281. Curva de Tendencia: Los sistemas de gestión del motor

Fuente: Elaboración propia CIDET

##### 8.1.4.1.8.1 Controlando el suministro de aire

Son métodos, dispositivos o sistemas de gestión de motores que controlan el suministro de aire para elaborar una mezcla adecuada de combustible y el aire usando la autoignición por compresión para lograr emisiones reducidas mientras se mantiene la economía deseada de combustible.

##### 8.1.4.1.8.2 Controlando el suministro de combustible

Se trata del control y regular la inyección de combustible a motores de combustión interna con métodos o dispositivos específicos que permiten regular la velocidad y una transición entre modos de combustible; es decir, el cambio de energético.

##### 8.1.4.1.8.3 Controlando el encendido

Se le hace referencia a sistemas de gestión y control del encendido o ignición de motores de combustión interna, que permite regular la velocidad y el encendido automático, y particularmente a, la eficiencia en el ahorro de combustible necesario para el encendido y operación del motor.



#### 8.1.4.1.8.4 Controlando el escape

Se menciona a métodos, medios y dispositivos para el controlar, reducir o eliminar las emisiones contaminantes producidas por los motores de combustión interna que son desechados por el escape, específicamente a métodos o dispositivos que permitan la reducción segura y fiable de los desechos producidos por la utilización de combustibles fósiles en los motores de combustión interna con dispositivos o métodos como filtros o aditivos, entre otros.

#### 8.1.4.1.8.5 Apagar el motor de combustión interna

Son sistema de control y métodos de arranque y parada automáticos del motor, en particular, de aquellos para accionar, detener o ralentizar el funcionamiento del motor en marcha, basándose en las condiciones específicas, y reiniciar el motor sobre la base de otras condiciones específicas, con el fin de conservar el combustible en momentos en que el vehículo se detiene, densidad de tráfico alta entre otras situaciones.

#### 8.1.4.1.9 Sistemas de control inteligentes

Hace mención a sistemas, dispositivos o métodos para controlar, medir y gestionar todos los aspectos del vehículo tales como la potencia, el combustible y sistemas de tratamiento entre otros factores que alteren la eficiencia total del vehículo de combustión interna. En la Figura 282 se pueden observar las curvas de tendencia de estas tecnologías.

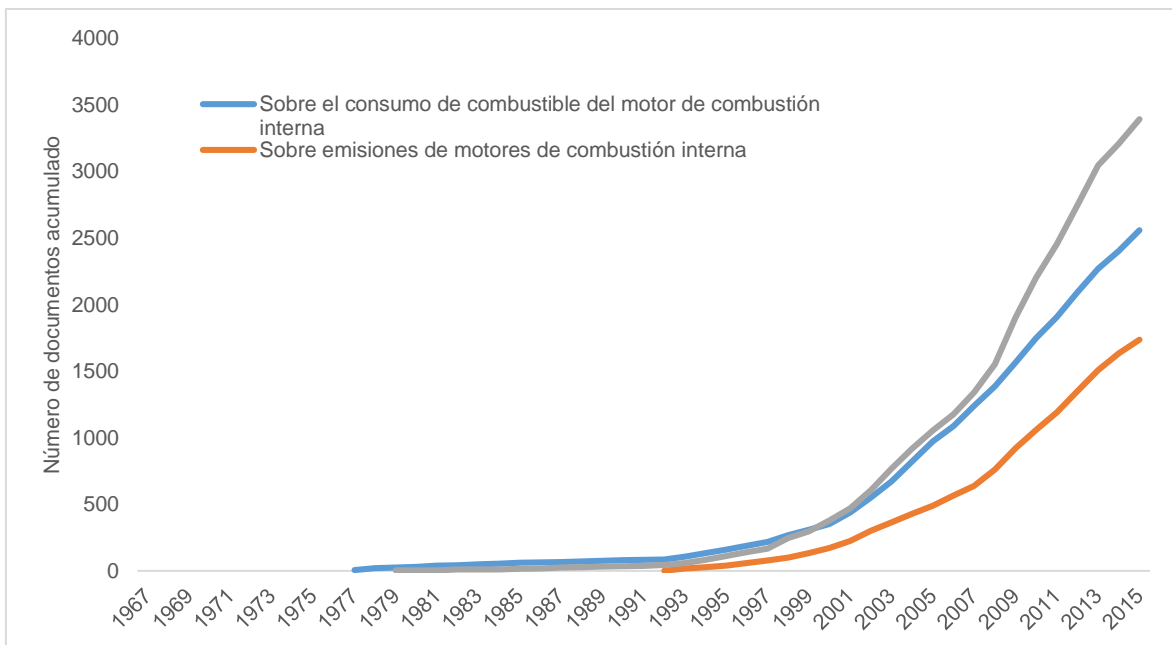


Figura 282. Curva de Tendencia: Sistemas de control inteligentes

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.1.9.1 Consumo de combustible del motor de combustión interna

Sistemas de control y métodos para la navegación inteligente del vehiculó que permiten a los sistemas de ayuda a la conducción determinar la cantidad de combustible necesaria para el viaje teniendo en cuenta datos geográficos de la dirección de partida y destino de llegada como también lugares de recarga de combustible, los vehículos pueden ser de motor de combustión interna,

híbrido o eléctrico, esto permite gestionar, maximizar y mantener la carga del combustible y que el usuario tenga datos sobre el estado de carga de su medio de transporte.

#### 8.1.4.1.9.2 Emisiones de motores de combustión interna

Se refiere a sistemas, dispositivos o métodos para la utilización de vehículos híbridos que tiene un motor eléctrico para la conducción del vehículo y un motor de combustión interna para la generación de energía donde se permita el control de la operación de los motores para alternar el accionamiento y apagando, dependiendo de la ruta o topología para maximizar el alcance y eficiencia del combustible y reducir al mínimo los contaminantes, de igual forma prevenir el agotamiento del combustible

#### 8.1.4.1.9.3 Optimizando el punto de funcionamiento del tren de mando

Son sistemas de control de la gestión de la energía eléctrica, particularmente en vehículos híbridos capaces de proporcionar control de la carga de la batería con referencia al cálculo de la ruta y distancia en base a los datos de conducción estándar o memorizados como los sistemas o software en pantalla asociados a proporcionar información al conductor en relación al estado del vehículo con respecto a la carga para un motor proporcionado una mayor eficiencia energética.

#### 8.1.4.2 Otras tecnologías de transporte por carretera con efecto de mitigación del cambio climático

En los últimos años se han dado avances importantes en otras alternativas diferentes al motor de combustión interna que tiene impactos importantes en la mitigación del cambio climático en lo referente a consumo energético y cantidad de emisiones. Como se puede observar en la Figura 283 los vehículos híbridos han alcanzado el crecimiento tardío gracias a sus avances desde el año 2005, mientras que los vehículos eléctricos y sus tecnologías asociadas aún se encuentran en crecimiento temprano.

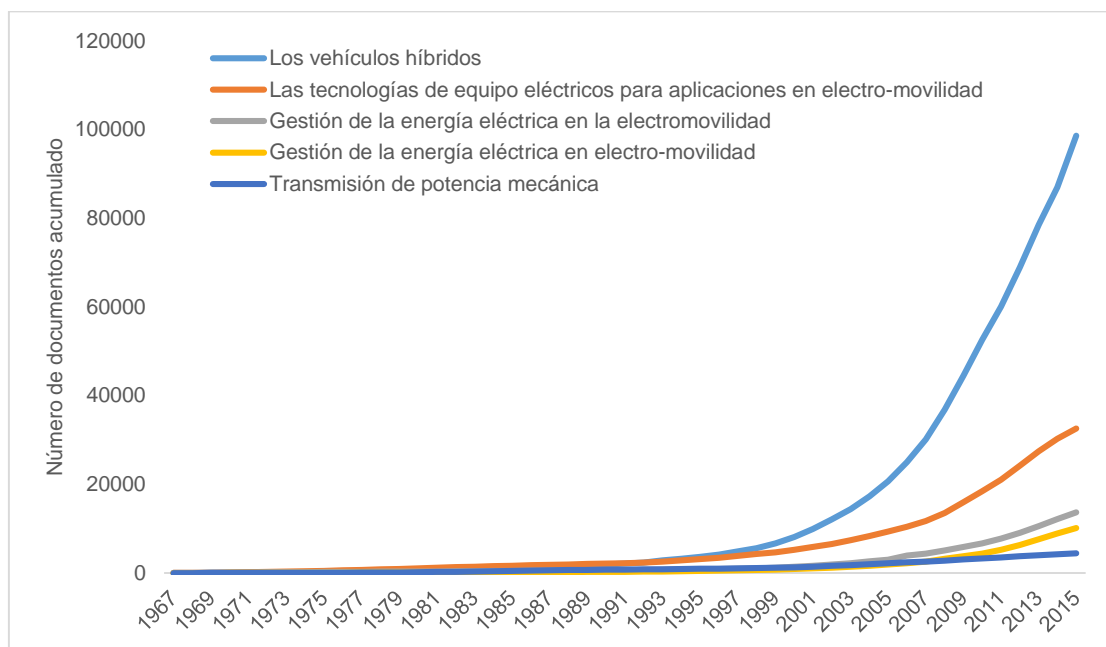


Figura 283. Curva de Tendencia: Otras tecnologías de transporte por carretera con efecto de mitigación del cambio climático

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.2.1 Los vehículos híbridos

Son tecnologías para la gestión de la energía eléctrica en la electro-movilidad del vehículo, y particularmente, a métodos y dispositivos para el cálculo de la energía necesaria para el funcionamiento de los dispositivos presentes a bordo del vehículo y de igual forma la gestión de la carga de la batería, combinado diferentes tipos de motores. Como se puede observar en la Figura 283 mientras que los vehículos híbridos con un motor ICE combinado con almacenamiento eléctrico son más utilizados y han llegado a crecimiento tardío, al igual que los métodos para distribuir la potencia. Otras tecnologías y combinaciones en los vehículos híbridos se encuentran en difusión inicial.

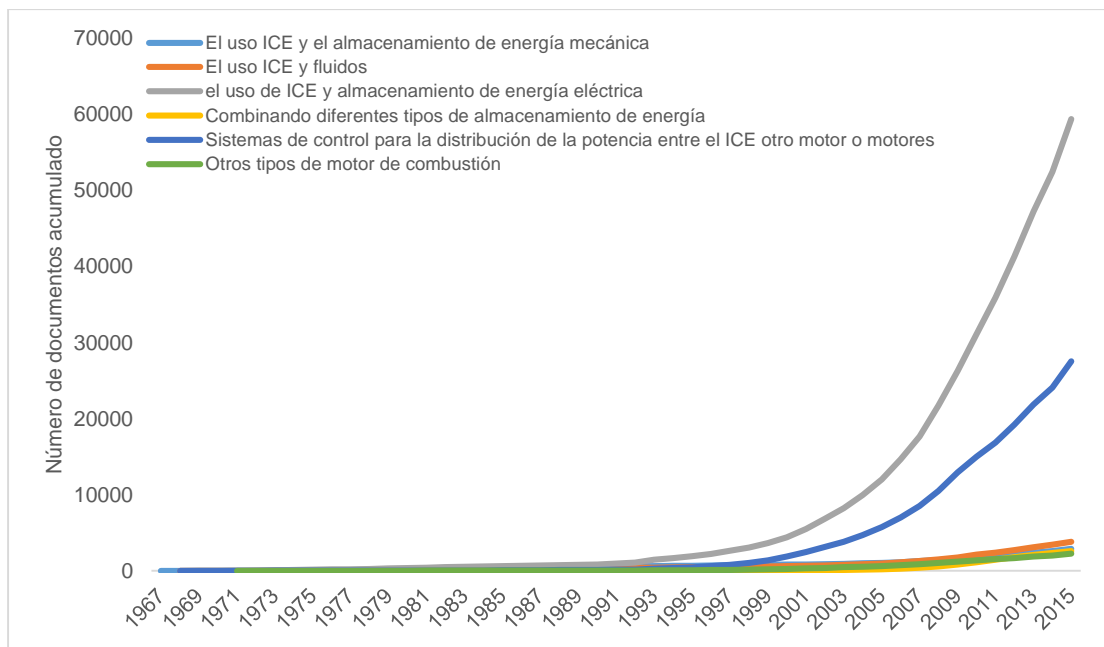


Figura 284. Curva de Tendencia: Los vehículos híbridos

Fuente: Elaboración propia CIDET

##### 8.1.4.2.1.1 Uso ICE y el almacenamiento de energía mecánica

Son sistemas capaces de acumular energía cinética, y que cumplen la función de control y gestión en los aspectos del estado de la energía del vehículo, dado que esta energía es producida por el esfuerzo mecánico de algunos dispositivos presentes en el vehículo como como la energía producida en el momento del frenado y de cualquier sistema para almacenamiento de energía electromecánica para su uso como fuente de energía.

##### 8.1.4.2.1.2 Uso ICE y fluidos

Son sistemas, dispositivos o diseños de vehículos híbridos de propulsión hidráulica auxiliar, particularmente, a sistema de almacenamiento de energía mediante la compresión de un fluido

compresible o gas y la conversión de dicha energía almacenada a energía eléctrica para impulsar un motor o generador eléctrico que aumenta el par de salida del vehículo.

#### 8.1.4.2.1.3 Uso de ICE y almacenamiento de energía eléctrica

Son dispositivos que combinan motores de combustión interna con almacenamiento y motores de energía eléctrica. Se caracterizan por que mediante la adecuada gestión de los motores en el vehículo logran disminuir consumo energético total. En la Figura 285 se pueden observar las curvas de tendencia en vehículos híbridos.

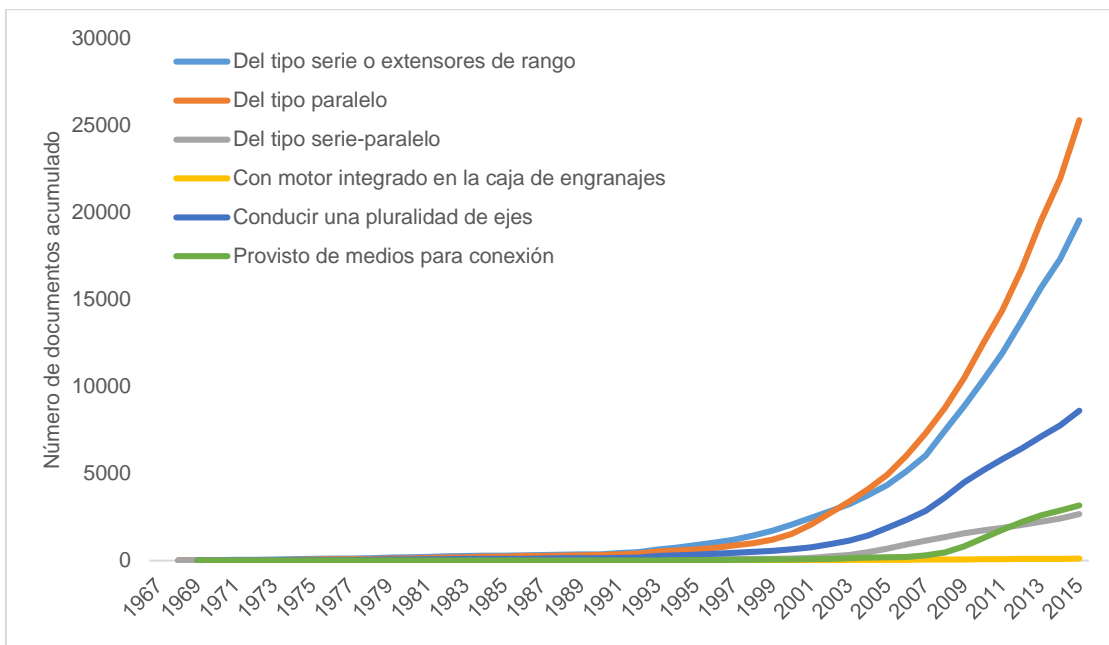


Figura 285. Curva de Tendencia: Los vehículos híbridos

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### **Del tipo serie o extensores de rango**

Mejoras en los vehículos eléctricos o híbridos que funcionan con baterías, y particularmente, a un sistema de suministro de energía eléctrica para un vehículo operado por baterías, las cuales sean capaces de ser cargada continuamente a través de un generador accionado por un pequeño motor de combustión interna.

#### **Del tipo paralelo**

Vehículos híbridos que emplean un sistema híbrido en paralelo, particularmente, se refiere a vehículos con una transmisión que sean capaces de recibir energía de entrada a partir de un motor, una fuente de energía eléctrica, energía almacenada o todas que sean utilizadas como fuente de potencia de propulsión.

#### **Tipo de motor auxiliar**

Son métodos o dispositivos para aplicación en el control de la gestión de la energía en los vehículos híbridos donde uno de ellos es un motor auxiliar; es decir, tienen un motor de combustión interna

y un motor eléctrico que permite una mayor autonomía y eficiencia, ya que cuando el vehículo se encuentra detenido el motor de combustión interna se apaga o reduce sus revoluciones y el motor eléctrico complementa el par necesario del vehículo, esto permite la reducción de emisión de gases y un ahorro en el combustible.

### **Del tipo serie-paralelo**

Dispositivos para los vehículos de tipo híbrido que poseen un sistema de transmisión de potencia variable, particularmente a, un control de baterías que permite el funcionamiento o carga de más de una batería a la vez; es decir, que pueden funcionar en paralelo o en serie.

### **Tipo de conmutación en serie-paralelo**

Son sistema de control y métodos para un vehículo híbrido que tiene dos fuentes de propulsión diferentes que permitan acoplamiento entre sí en serie o paralelo de las baterías para reducir consumo de combustible o que uno de los motores baje las revoluciones y el otro supla el par para compensar el faltante.

### **Tipo de distribución diferencial de engranajes**

Son sistema de propulsión eléctrico híbrido que incluyen una transmisión variable que tiene dos juegos de engranajes diferenciales acoplados a un motor lo que permite que las ruedas giren a diferentes velocidades para mejorar la tracción en el vehículo y donde los juegos de engranajes tienen modos configurables por un sistema de control.

### **Tipo de distribución eléctrica**

Dispositivos o sistemas que distribuyen la potencia eléctrica entre los motores de un vehículo híbrido.

### **Con motor integrado en la caja de engranajes**

Son sistemas de control para la distribución de energía entre el motor de combustión interna y otro o varios motores de un vehículo híbrido, y en particular a una transmisión de potencia adaptada para mejorar la eficacia de la transmisión del sistema de tren de potencia y del control del par generado por los motores del vehículo.

### **Conectado o conectable al eje de entrada del engranaje**

Son sistemas de transmisión de potencia de un vehículo para aumentar la eficacia de la transmisión de potencia al tren de potencia que comprende un motor, una caja de cambios y un motor eléctrico que transmiten la potencia a través de la caja de cambios, dicha caja de cambios controla el par de torsión entre el eje de entrada y el eje de salida del vehículo.

### **Conectado o conectable al eje intermedio de engranajes**

Se hace referencia a sistemas para la transmisión de potencia para un vehículo híbrido que incluye un motor de combustión interna y un motor eléctrico con doble embrague y un método para la utilización de la transmisión de doble embrague que permite unir o separar el eje para el cambio de velocidades de un vehículo al movimiento de los motores por medio de una caja de cambios.

### **Entre el eje de salida del motor de engranajes y ruedas motrices**

Dispositivo de transmisión de potencia con variación de potencia entre eje de transmisión y la velocidad para un vehículo tipo híbrido.

### **Conducir una pluralidad de ejes**

Se refiere en general a sistemas de propulsión y transmisiones de vehículos, y particularmente a un método y un dispositivo para controlar las características de funcionamiento de un vehículo que tiene una transmisión variable; es decir, un motor de combustión interna como primera fuente acoplado a un tren de accionamiento de la parte delantera y una segunda fuente de propulsión acoplado a la parte trasera del vehículo.

### **Provisto de medios para conexión**

Sistemas de navegación para el vehículo híbrido, capaz de lograr emisiones bajas de contaminación y el ahorro de energía mediante la maximización de uso de la capacidad de la batería considerando la ruta, topografía y estaciones de carga de combustible.

#### **8.1.4.2.1.4 Combinando diferentes tipos de almacenamiento de energía**

Sistemas y dispositivos de almacenamiento de energía en vehículos híbridos capaces de suministrar varios tipos diferentes de energía; es decir, energía eléctrica, térmica o mecánica. En general se utilizan combinaciones entre baterías y otro tipo de almacenamiento. En la Figura 286 se pueden observar las curvas de tendencia.

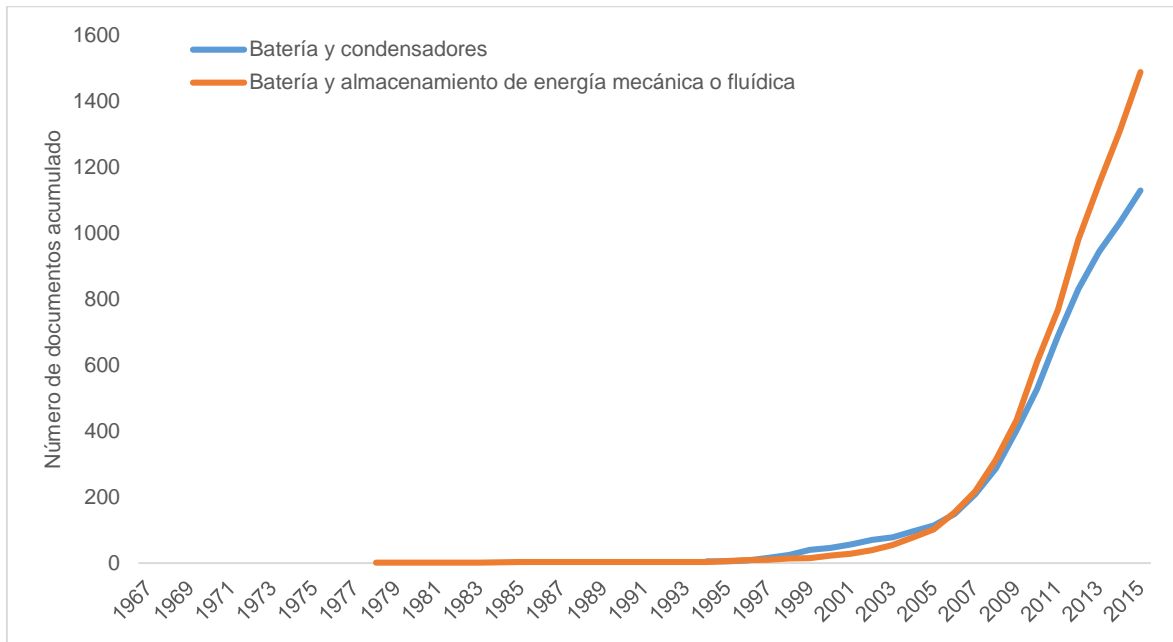


Figura 286. Curva de Tendencia: Combinando diferentes tipos de almacenamiento de energía  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### **Batería y condensadores**

Se refiere en general a sistemas de gestión de la energía y a los métodos para su uso en el vehículo. En particular, son sistema de adaptación de la gestión del almacenamiento y transferencia de energía eléctrica a bordo del vehículo combinando baterías y condensadores

### **Batería y almacenamiento de energía mecánica o fluidica**

Son métodos o sistemas de control y supervisión para la distribución de energía en un vehículo de tal manera que las condiciones de almacenamiento y gasto de energía sean conocidos por el usuario combinado baterías con otros tipos de almacenamiento mecánico.

#### 8.1.4.2.1.5 Sistemas de control para la distribución de la potencia entre el ICE otro motor o motores

Son sistemas o métodos de control de fuerza motriz que incluyen una disposición de dos o más unidades de potencia acoplados a una transmisión.

### **Predecir futuras condiciones de conducción**

Se hace referencia a sistemas o dispositivos para maximizar el ahorro de combustible para disminución de pérdidas y de emisiones de gases, estableciendo un programa de funcionamiento de un motor, con el fin de minimizar el consumo de combustible de acuerdo con las condiciones del camino, ruta y el destino de llegada.

#### 8.1.4.2.1.6 Otros tipos de motor de combustión

Se hace referencia a vehículos híbridos que poseen varias fuentes de potencia que pueden ser operadas de forma independiente o simultáneamente.

#### 8.1.4.2.2 Tecnologías de equipo eléctricos para aplicaciones en electro-movilidad

La presente descripción se refiere en general a los vehículos que emplean motores eléctricos como el primer motor o motor de tracción, y en particular, a proporcionar datos de diagnóstico del vehículo como la gestión térmica de dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica y / u otros componentes empleados en este tipo de vehículos.

##### 8.1.4.2.2.1 Se caracteriza por aspectos de la máquina eléctrica

Se hace referencia a los aspectos técnicos presentes en los motores o generadores eléctricos.

##### 8.1.4.2.2.2 Estrategias de control de máquinas eléctricas para aplicaciones de automoción

Son estrategias o métodos para el control de los motores o generadores eléctricos presentes a bordo de los vehículos eléctricos o híbridos, principalmente en motores DC (verFigura 287) y otras metodologías de control.

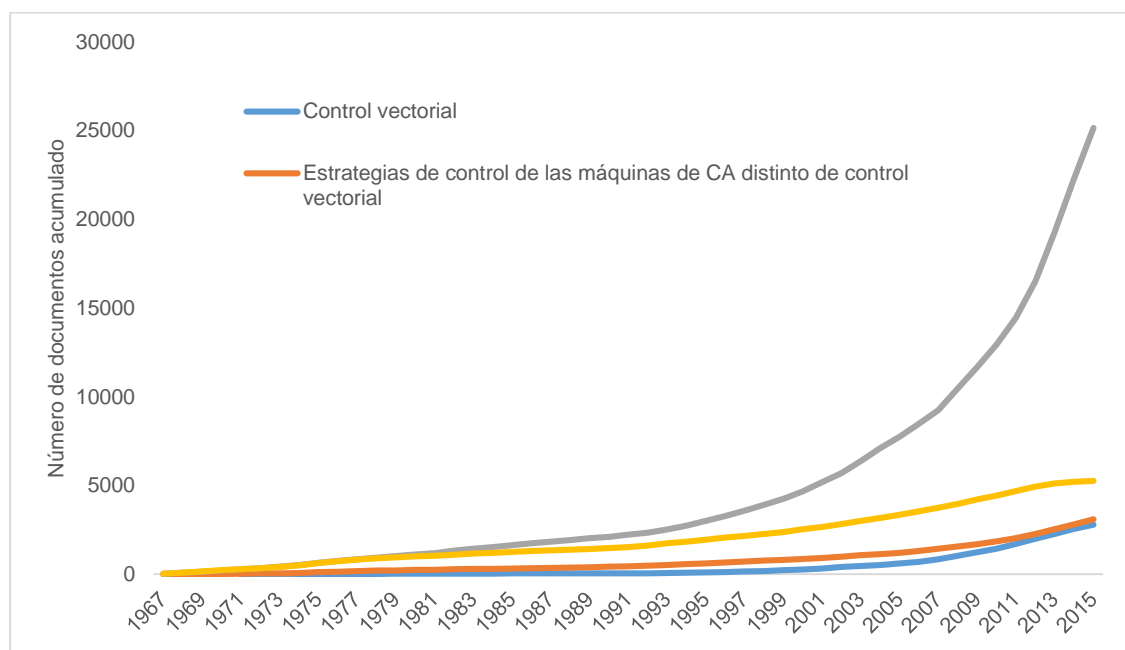


Figura 287. Curva de Tendencia: Estrategias de control de máquinas eléctricas para aplicaciones de automoción  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### Control vectorial

Son sistemas de control y de accionamiento a los motores o generadores eléctricos que proporcionan control en el flujo eléctrico.

### Estrategias de control de las máquinas de CA distinto de control vectorial



Métodos, circuitos o dispositivos para controlar la velocidad del motor eléctrico de un vehículo de tracción AC como medios de control para cambiar automáticamente la brecha y la salida del motor para obtener la velocidad constante o controlar una pluralidad de motores eléctricos y están acoplados entre sí por medio de la red de comunicaciones

### Estrategias de control de las máquinas DC

Métodos, circuitos o dispositivos para controlar la velocidad del motor eléctrico de un vehículo de tracción DC como dispositivos para controlar la tensión aplicada a partir de una fuente a una carga tal como un motor para controlar su velocidad, control de baja velocidad para vehículos, tales como trenes y similares.

### Número de máquinas de accionamiento eléctrico

Se hace referencia control de la velocidad según al número de máquinas eléctricas (una o más).

#### 8.1.4.2.3 Almacenamiento de energía para electro-movilidad

El almacenamiento de energía de alta tensión es utilizada en vehículos eléctricos. El almacenamiento es descargado relativamente cuando la máquina eléctrica del vehículo es operada en modo motor y se apagan cuando la máquina eléctrica es operada en modo generador. Los dispositivos de unidades de almacenamiento son alojados en la carcasa y generan alta fidelidad para ser usada como auxiliar de potencia asistida para un motor eléctrico (auto híbrido) en caso de aceleración. Como se puede observar en la Figura 288 la gestión de la energía usando batería ha alcanzado el crecimiento tardío, mientras que el almacenamiento y sistemas de tarificación se encuentran en crecimiento inicial. Y otros métodos de almacenamiento como el mecánico se encuentran en difusión inicial.

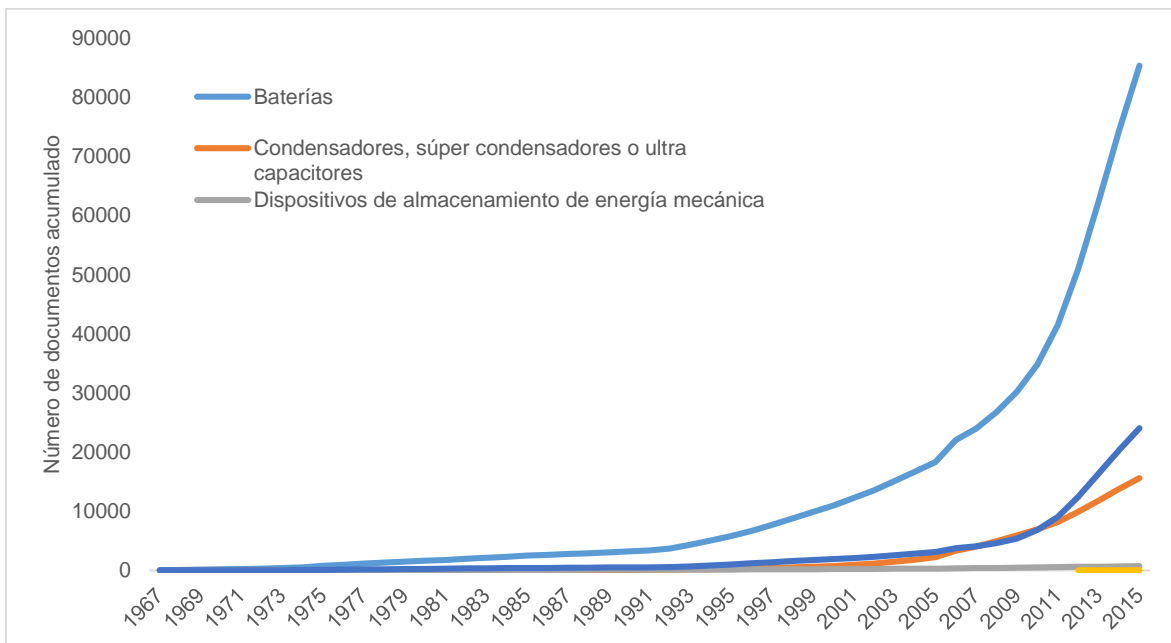


Figura 288. Curva de Tendencia: Gestión de la energía eléctrica en la electromovilidad

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.2.3.1 Baterías

Los vehículos en la actualidad tienen alto consumo de combustibles fósiles, el cual produce contaminación del medio ambiente y agotamiento de los recursos. Sin embargo, se han desarrollado tecnologías para mitigar esta problemática a través del uso de baterías almacenadoras de energía que proporcionan corriente eléctrica a un vehículo eléctrico o un vehículo híbrido. Las baterías son unidades de almacenamiento que contienen sistemas de control y conmutación para ejecutar fácil carga y descarga de la corriente eléctrica. En los automóviles eléctricos, la batería se descarga cuando se suministra energía al motor a través de un inversor para producir desplazamiento del vehículo y la batería se carga durante el desplazamiento o frenado del vehículo. El tipo de baterías utilizadas en los vehículos tradicionales de combustión interna, son construidas utilizando plomo ácido; sin embargo, el tipo de baterías más usadas en esta aplicación son las baterías de litio, quienes con algunas modificaciones en su principio de funcionamiento como las baterías de ion litio y aire pueden alcanzar rendimientos y eficiencias muy altas.

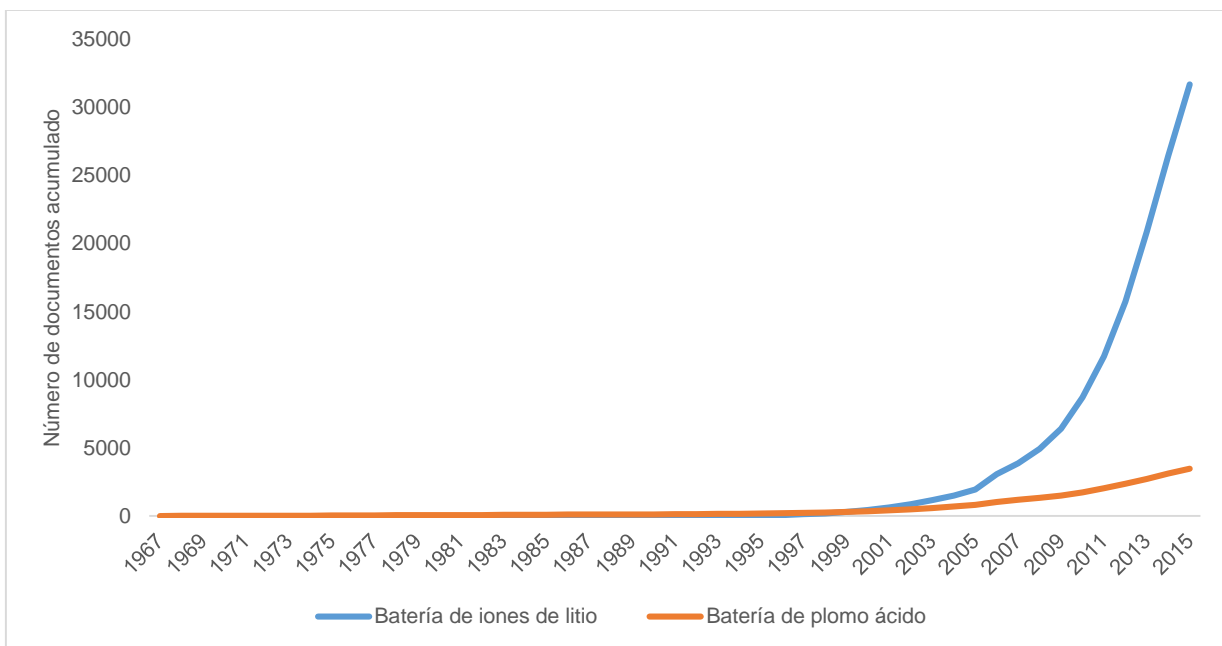


Figura 289 Curva de Tendencia: Baterías

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### Batería de iones de litio

La batería de iones de litio es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. Las baterías pueden lograr alta densidad de energía, pero requiere seguridad cuando se aumenta su tamaño. Estas baterías pueden lograr una alta densidad de energía, tiene baja tasa de descarga y son livianas. Estas tecnologías son usadas en los teléfonos celulares portátiles y ordenadores personales, una fuente de energía a gran

escala para el almacenamiento de energía eléctrica (generación solar fotovoltaica y energía eólica), y una fuente de alimentación para vehículos de motor.

### **Batería de plomo ácido**

Las baterías de almacenamiento de plomo-ácido contienen un ánodo, un cátodo y una solución electrolítica para obtener características de alto desempeño de almacenamiento, alto porcentaje de carga y descarga, con varios ciclos de descarga a alta velocidad. Los automóviles se utilizan las baterías para el arranque de motores debido a la forma de extraer instantáneamente la corriente a temperatura baja para generar alta potencia al motor. Estas tecnologías son utilizadas para disminuir los costes de combustible y contaminación de CO<sub>2</sub>.

#### 8.1.4.2.3.2 Condensadores, súper condensadores o ultra capacitores

El almacenamiento de energía de los súper condensadores no se produce a través de una reacción química, debido que los capacitores son elementos pasivos de circuito eléctrico con dos terminales (placas conductoras) separadas por un aislante, en donde se almacena la energía eléctrica producida por el paso de corriente en el aislante; es decir, las operaciones de carga / descarga se producen en velocidades más altas y con gran cantidad de ciclos que las baterías habituales. Por ello, estas baterías son ideales para la recuperación de energía en aplicaciones donde se requiere una alta potencia en intervalos de tiempo cortos tales como el encendido o arranque de un motor de combustión; es decir, estos motores requieren de una corriente máxima que está limitada por el nivel máximo de almacenamiento de la batería y en consecuencia de lo anterior prolongar su vida útil.

#### 8.1.4.2.3.3 Dispositivos de almacenamiento de energía mecánica

Los sistemas de almacenamiento de energía mecánica están fundamentados en tecnologías que permiten la transformación de la energía asociada al movimiento y/o la posición en energía eléctrica. Es decir, utilizan la energía cinética (velocidad), potencial (altura) o de compresión (potencial elástico) para almacenar energía y transformarla posteriormente en energía eléctrica.

#### 8.1.4.2.3.4 Volantes de inercia

Los almacenadores de energía basados en volantes de inercia almacenan la electricidad a través energía cinética. Estos sistemas operan con la inercia mecánica; es decir, obtiene la energía cinética que aumento a o disminuye a través de la torsión de un disco que gira al alrededor de su eje. La energía eléctrica transferida para cargar o descargar el volante a través de una maquina eléctrica que opera como motor o generador. Cuando actúa como motor, la energía eléctrica suministrada al bobinado del estator es convertida en un par y aplicada al rotor del volante. Cuando trabaja como generador, la energía cinética almacenada en el volante aplica un par a la máquina, la cual lo convierte en energía eléctrica.

#### 8.1.4.2.3.5 Gestión de almacenamiento de energía

Debido a los problemas medioambientales actuales, los fabricantes han propuesto nuevas tecnologías tales como vehículos híbridos que combinan la eficiencia de motor de combustión y uno eléctrico que incluye equipados con baterías recargables. Estos sistemas deben garantizar la capacidad de conducción, cuidado térmico, detección y deterioro de la calidad del escape del motor que opera en condición de arranque y deterioro de las baterías. Los métodos aplicados para el

control de sistemas de vehículos eléctricos se realizan a través de la combinación de controladores PWM de onda sinusoidal y sistema de control de onda cuadrada. El sistema de control de PWM de onda sinusoidal se utiliza cuando un motor funciona en una velocidad de bajo par y el sistema de control de onda cuadrada opera en una región de velocidad de alto par. Además contiene método y controles de almacenamiento de energía eléctrica.

### **El control de la batería o el estado de carga del condensador**

El vehículo de motor eléctrico contiene dispositivo para el almacenamiento (batería o condensador) de energía eléctrica, la cual es suministrada a la salida de motor eléctrico en forma de potencia; sin embargo, los almacenadores de energía deben verificar constantemente el estado de carga, ya que estos dispositivos se encuentran sometido permanentemente a situaciones de carga y/o descarga. El estado de carga depende de temperatura, tasas de corriente de carga/descarga, tiempo de uso, histéresis, y auto descarga, pero los parámetros anteriores no son medibles; por lo tanto, es necesario estimarlo en base a mediciones de otras señales disponibles en los acumuladores, tales como tensión, corriente y temperatura para determinar la potencia máxima y mínima, la carga y / o la edad actual de la batería.

### **Controlar vehículos con una batería o de un solo condensador**

Estos sistemas son utilizados por la creciente preocupación de la contaminación del aire, la escasez de petróleo y problemas asociados con la gasolina, gas natural, diésel. Por ello, se crearon vehículos eléctricos o híbridos que requieren unidades o paquetes de baterías que contiene una variedad de celdas para almacenar energía y alimentar una carga. Estos sistemas son controlados a través sistema de gestión, control y distribución para el almacenamiento de energía y posteriormente para la propulsión el motor eléctrico. El control de las baterías depende de las señales de temperatura, voltaje, corriente que indican la carga de la batería para llevar a cabo su función.

### **Control de vehículos con más de una batería o de más de un condensador**

Estos sistemas contienen una variedad de baterías de almacenamiento conectadas en serie para aumentar el suministro de voltaje, que incluyen detectores de tensiones generadas por las baterías, detectores de corriente que fluye por las baterías, estados de carga para activar la carga /descarga de la unidad con el fin de hacer eficaz la capacidad y disminución las variaciones.

Las baterías o los condensadores de la misma tensión

Son sistemas de medición o detección de bloques de batería que están conectados generalmente en serie, paralelo o alguna combinación de los mismos. Estos sistemas y controles equilibran las condiciones ideales para la batería a través de una base de voltaje, de corriente y el estado de carga asociado tiempo a la carga/descarga. Los controladores programados equilibran algunas baterías en respuesta al cambio de voltaje, causado por cambios inesperados de voltaje.

Las baterías o condensadores de diferente voltaje

Son sistemas configurados para el suministro de energía y una unidad de conversión de voltaje proporcionado para el mecanismo de almacenamiento de energía. Los sistemas de conversión

voltaje están configurados o ajustados para controlar la tensión que se suministra y recibe entre el mecanismo de batería y la fuente de potencia

#### 8.1.4.2.3.6 Sistemas de carga específica Electro-movilidad o métodos para baterías, ultra capacitores, súper condensadores o condensadores de doble capa

Son sistemas baterías de almacenamiento de energía eléctrica, los cuales se cargan del moviendo o frenado de del motor de vehículos, sistemas conectados al suministro de red eléctrica (residencias, centros comerciales) o centros venta.

##### **A bordo del vehículo**

Son sistemas de almacenamiento de energía que se encuentran localizas en el vehículo, los cuales aprovechan la energía de cinética producida por el accionado del motor (el movimiento o el frenado) para transformarlo en energía de almacenada, esto se realiza a través de dispositivos de electrónica de potencia, sensores, medidos para cumplir con las características de carga/descarga

##### **Con la energía de origen renovable**

Las fuentes de energía no contaminantes propulsados por motor eléctrico, alimentado por baterías que obtiene la energía del viento, el agua, la energía solar, reacciones nucleares y químicas. Por ejemplo, son sistemas de turbina montadas en vehículos, que contiene módulos de rectificadores e interruptores electrónicos, controladores de carga; baterías; cables eléctricos, y los fusibles, los cuales aprovechan la generación de energía a través del movimiento de impulso del vehículo para producir aire que incide en la paleta que se encuentra dentro de la turbina o kit de sistemas para la generación de electricidad a partir de energía solar a un sistema eléctrico en el interior de cualquier vehículo basado en una paneles fotovoltaicos para producir energía de almacenamiento a una batería.

##### **Estaciones de carga**

Los vehículos eléctricos que contienen baterías recargables, el usuario debe recargar las baterías eléctricas de su vehículo en la conexión de la red eléctrica a través de un enchufe adecuado. Generalmente el usuario utiliza la conexión a la red eléctrica disponible en su residencia o estaciones de carga similares a las estaciones de gasolina que se encuentran adaptados para el uso público.

##### **Con la energía de origen renovable**

Se utiliza la red eléctrica para cargar dispositivos portátiles de almacenamiento de energía tal como baterías, supercondensadores o ultracondensadores, que se encuentran localizados en centros de servicios que garanticen la alta exigencia en términos de fiabilidad, seguridad, rendimiento y vida útil. Estos aparatos se utilizan en aplicaciones estacionarias como plantas de energía eólica, plantas de energía solar, vehículos híbridos o motor eléctrico y en equipos electrónicos como ordenadores portátiles o teléfonos móviles. Estos dispositivos contienen configuraciones de control y comunicaciones para el bloqueo, el desbloqueo, la conexión, la desconexión, la seguridad y para

recibir la información respecto a la autenticación con el fin de evitar robos y manipulación. Además, existen sistemas de gestión de potencia de carga rápida capaz de cargar rápidamente en un cuerpo en movimiento eléctrico, tal como un vehículo y un barco.

#### 8.1.4.2.4 Gestión de la energía eléctrica en la electromovilidad

Son vehículos que contienen dispositivos de operación para la configuración de tren de fuerza que influyen o no en la propulsión, un control de accionamiento del motor para un vehículo asistido por energía eléctrica, controladores y medidores de capacidad de descarga y carga de energía eléctrica para unidades almacenadores utilizando la potencia eléctrica de un fuente de alimentación externa, controles de movimientos para mejorar el control de fuerzas, estabilidad y confort del accionamiento de las ruedas del vehículo

##### 8.1.4.2.4.1 Conversión de energía eléctrica dentro del vehículo

Son dispositivos de regulación de energía eléctrica de la red a unidades de almacenamiento. Estos reguladores contienen cargadores o transformadores para convertir la corriente alterna de la red en corriente continua para recargar la batería que alimenta directamente al motor eléctrico, pero existen motores de corriente alterna de vehículos que utilizan inversores para cambiar la corriente continua de la batería en corriente alterna aptos para su funcionamiento. También contiene sistemas de conversión conectados a la alta tensión de la batería a baja tensión para alimentar las baterías auxiliares de los componentes auxiliares eléctricos del automóvil. Y para vehículos híbridos (motor de combustión interna y un motor eléctrico) que utilizan la energía cinética del movimiento constante, aceleración o frenados para almacenarlo en baterías a través de un generador eléctrico.

#### **Conversión de potencia DC a DC**

Los vehículos eléctricos incorporan un aparato convertidor de DC / DC para aumentar y reducir un voltaje de corriente continua, el cual se encuentra conectado entre un dispositivo de almacenamiento y un motor que está energizado por un inversor. Cuando el vehículo acciona el motor, la tensión en el dispositivo de almacenamiento se incrementa a través del convertidor de DC / DC para aplicarla al inversor, y cuando el motor se genera la energía se conduce a través del inversor para cambiar el voltaje y ser trasladado al convertidor DC / DC para reducir la tensión y poder cargar apta la unidad de almacenamiento. Los automóviles utilizan el alto voltaje para la conducción y a través de la conversión transforma la alta tensión del sistema en baja tensión para el encendido de las lámparas.

#### **Usando el paso - arriba o convertidores boost**

El convertidor elevador es un convertidor DC a DC que tiene una salida de tensión mayor a la de entrada, los cuales son utilizados para encender o apagar un dispositivo de conmutación para aumentar la CC de baja tensión de una batería mediante el uso de energía almacenada en un reactor a la salida de CC de alta tensión.

#### **Usando el paso - abajo o convertidores Buck**

El convertidor reductor convierte un alto voltaje de un vehículo híbrido o un vehículo eléctrico en una tensión baja. El bajo voltaje convertido se carga en una batería de baja tensión, y se utiliza como

una fuente de alimentación de una carga de campo eléctrico. Esto se realiza a través de modulación de tensión a un valor inferior, controlable según una modulación de ancho de pulso (PWM).

### Conversión de potencia DC A AC o AC a DC

Son dispositivos que contienen circuitos conmutadores con puentes transistores para la conversión (inversores) de energía DC/AC, AC/DC o sistemas bidireccionales, la cual es necesaria para proporcionar la energía a un dispositivo de almacenamiento o la propulsión o tracción en los motores por su posterior funcionamiento.

### Conversión de potencia AC a AC

La electrónica de potencia AC-AC convertidor de corriente alterna, en forma genérica, acepta de energía eléctrica de un sistema y la convierte para su entrega a otro sistema de corriente alterna con formas de onda de amplitud diferente, frecuencia y fase. La AC-AC convertidores empleados para variar la tensión eficaz a través de la carga constante frecuencia son conocidos como controladores o reguladores de voltaje de AC a AC.

#### 8.1.4.2.4.2 Optimización del rendimiento del vehículo

El uso de máquinas eléctricas en diversas industrias tales como comercio y transporte tiene grandes logros en el campo de la electrónica de potencia y técnicas de control para generar mayor ahorro energético, comodidad y el control de la flexibilidad. Esto se realiza a través de vehículos que contienen control de los motores de tracción que suministran la energía para propulsar en diferentes rangos de velocidad de manera segura y confiable, controladores de temperatura, controladores de conservación de la energía y el rendimiento del vehículo que incluye sistemas regenerativos para las baterías a través de aceleración y frenado, etc. en el rendimiento del vehículo se han obtenido grandes desarrollos llevando a la tecnología hasta el crecimiento tardío y en la actualidad la optimización de las rutas se encuentra en crecimiento temprano.

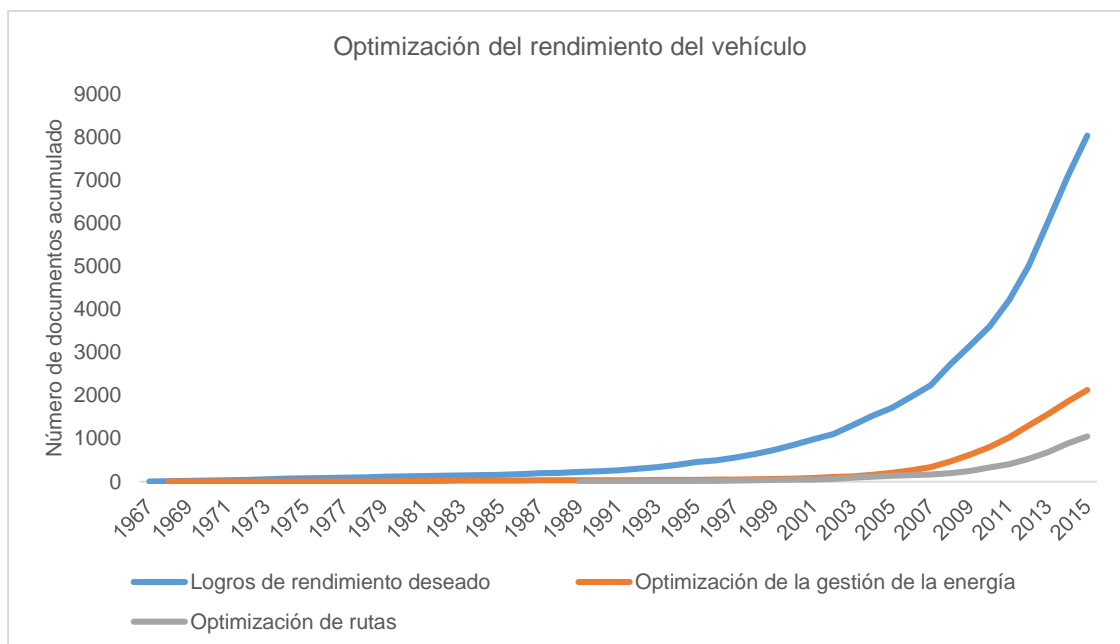


Figura 290 Curva de Tendencia: Optimización del rendimiento del vehículo  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### Logros de rendimiento deseado

Son métodos para optimizar el rendimiento de los vehículos eléctricos de acuerdo a perfil deseado por el usuario. Por ejemplo, los vehículos contienen circuitos con unidades de protección, regulación, control, visualización, sensores, procesadores de datos y unidades de activación para detectar la sobrecarga de corriente a través de la detección de CC del control de un generador, el cual es accionado por un motor diésel que funciona a una velocidad constante, pero la tensión de CC establecida puede ser proporcionada a otros sistemas de control del vehículo, dispositivos que permiten determinar la reducción de la tensión del sistema cuando el estado de desplazamiento no puede ser realizado o existe cambio de dirección del vehículo; es decir, determina cuando no se permitan la reducción de la tensión (evitar sobretensiones) debida a cambios de operaciones erróneas e influencia de una superficie de la carretera, sistemas de acoplamiento de alta impedancia de CA que proporciona una respuesta rápida en un sistema de compensación del torque; es decir, son disposiciones de acoplamiento de CA de alta impedancia que procesa una señal de realimentación derivado de un eje de salida del motor para compensar pulsaciones de motores eléctricos, circuitos de protección cambiadores de frecuencia para el control de la aceleración de un vehículo eléctrico; es decir, proteger el motor y reducir las pérdidas de corriente durante la operación de aceleración, Aparatos de control de rotación de un motor que corrige un error de una señal de resolución que se emite desde un dispositivo de resolución, es decir, sistemas incluyen una unidad de control electrónico, un microordenador y una memoria RAM (memoria externa) en el interior. Para detectar un error de una señal de resolución que se emite desde un dispositivo de resolución y ejecuta la corrección de errores de la señal de resolución basado en el error de valor aprendido.

### Optimización de la gestión de la energía

La operación del vehículo tales como velocidad, aceleración están relacionadas con las condiciones de kilometraje, peso, tamaño, coeficiente de arrastre, temperatura del ambiente y terreno, los cuales pueden estar limitado por el estado de carga actual de las unidades almacenamiento (baterías, supercondensadores o ultracondensadores). Sin embargo, se implementan optimizaciones de energía para mejorar estas condiciones. Por ejemplo, controladores de operación a partir de convertidores de potencia para limitar la tensión de corriente y / o suministro a un para las baterías en sistemas de propulsión a diferentes velocidades del vehículo para reducir la dependencia de la potencia del motor, sistemas de carga de la red y distribución de dispositivos de almacenamiento de energía portátiles, método de bloqueo/desbloqueo para permitir el con el fácil acceso, protección se las unidades, Un sistema de frenado regenerativo con dispositivos de banco de la batería para situaciones de emergencia, o en reposo para proporcionar un mecanismo de control de frenos que genera una sensación de freno lineal en distintas circunstancias, sistemas de control de motor eléctrico utilizando método y controladores de frecuencia de conmutación para el suministro corriente a un motor eléctrico. Lo anterior es realizado con el fin de generar condiciones de alta eficiencia global, rendimiento, comodidad de funcionamiento, economía en el consumo de energía y combustible, y disminución de emisiones contaminantes reducidos.



## Optimización de rutas

Son dispositivos de planificación de rutas que determinan automáticamente la guía de estaciones de carga cercanas, rangos de desplazamiento más cortos y optimización el funcionamiento del sistema de propulsión a lo largo de cualquier ruta, detección de la potencia actual de la batería. Lo anterior se realiza a través de e información y comunicación de sensores de aceleración, sistemas de optimización el arranque / parada, control de frenada regenerativa y sistema de navegación y el receptor GPS, con el fin llevar el vehículo desde el inicio al final deseado por el usuario con un tiempo y costo mínimo de consumo de combustible.

### 8.1.4.2.5 Transmisión de potencia mecánica

Son dispositivos mecánicos y/o electro-mecánica que contiene procedimientos modulación de la potencia, y más particularmente a continua y / o infinitamente variable. Los dispositivos y métodos de potencia para la unidad, tales como el flujo de alimentación de un motor primario a uno o más dispositivos auxiliares o impulsados, también son utilizados en la coordinación de operaciones para la reducción de la caja de transferencia (proporciona la reducción adicional de velocidad) en relación al sistema de propulsión la cual se ve representada en el accionamiento de la rueda del vehículo, métodos para el control asistido de un conjunto de eje motor para pesado para aumentar la tracción del vehículo industrial pesado y un vehículo industrial.

### 8.1.4.3 *Tecnologías destinadas a reducir las emisiones de gases de invernadero comunes a todas las tecnologías de transporte por carretera*

La presente reside en el campo de los sistemas o dispositivos avanzados de ayuda o soporte al conductor que apoya la conducción como la participación de la transmisión externa de datos hacia o desde el vehículo para sistemas de navegación y la entrega de datos de diagnóstico del vehículo. Más específicamente, la presente invención proporcionar métodos y dispositivos para generar sistemas avanzados de ayuda al conductor. En la Figura 291 se pueden observar las curvas de tendencia de tecnologías referentes a este tema.

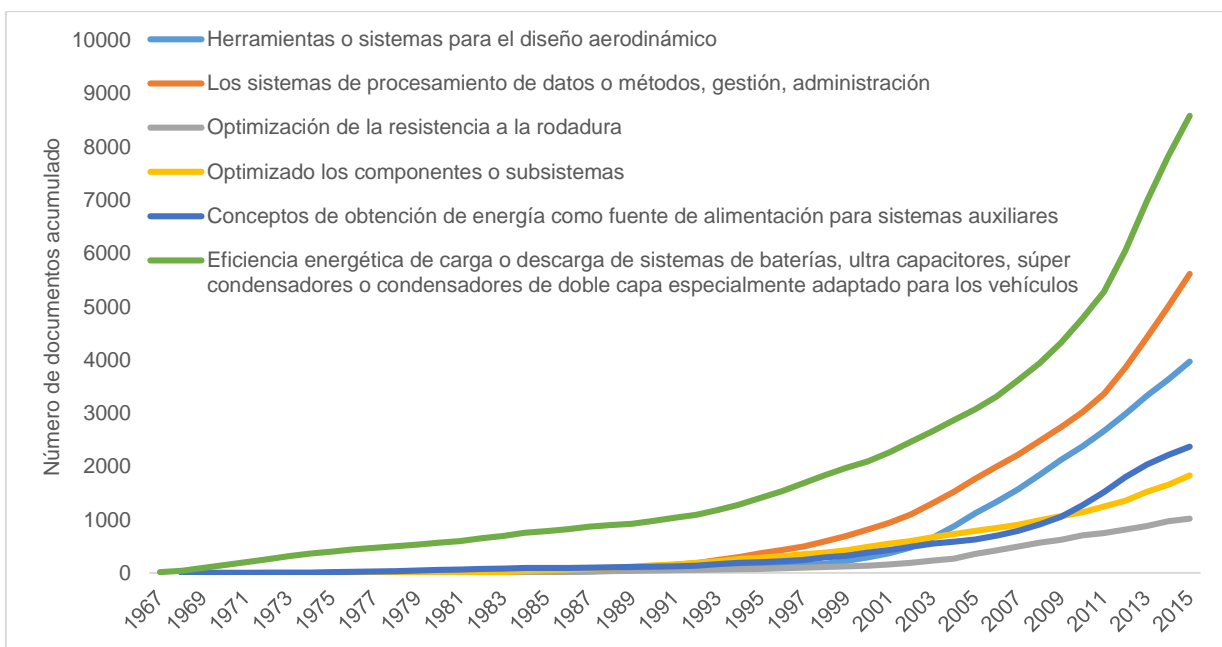


Figura 291 Curva de Tendencia: Tecnologías destinadas a reducir las emisiones de gases de invernadero comunes a todas las tecnologías de transporte por carretera

Fuente: Elaboración propia CIDET

#### 8.1.4.3.1 Herramientas o sistemas para el diseño aerodinámico

La presente descripción se refiere, en general, al diseño asistido por ordenador, la visualización, sistemas de fabricación, gestión de ciclo de vida del producto y sistemas similares, que manejan datos de productos y otros artículos, particularmente, a los sistemas de PDM (software para administrar los datos y procesos relacionados con la información de los productos) para diseñar, visualizar y simuladores de materiales.

#### 8.1.4.3.2 Los sistemas de procesamiento de datos o métodos, gestión, administración

Son métodos, dispositivos y / o sistemas para ajustar la configuración del automóvil en base a una historial de conducción en una ruta conocida que de soporte de conducción y que apoya la conducción de preferencias introducidas por el usuario. Por ejemplo, los métodos y sistemas pueden reconocer que un vehículo está en una ruta conocida, dividen o analizan la ruta conocida en segmentos separados, las preferencias de ajuste para cada segmento de la ruta conocida.

#### 8.1.4.3.3 Optimización de la resistencia al rodamiento

Se hace referencia a la mezcla de materiales o a un procedimiento para su preparación, producción y fabricación en moldes de piezas circular utilizando las mezclas de caucho u otros materiales para obtener unidades de rodamiento para carretera.

#### 8.1.4.3.4 Optimizado los componentes o subsistemas

En este campo se referencia en general a las ventana, claraboyas o sistemas de generación fotovoltaicos, y particularmente, a elementos que emplean filtros para el mejoramiento de la visión y protección o mejoras en la recolección de luz, control de la luz y la operación eléctrica de los sistemas de generación presentes a bordo del vehículo.

#### 8.1.4.3.5 Conceptos de obtención de energía como fuente de alimentación para sistemas auxiliares

Son vehículos accionados y alimentados eléctricamente, y particularmente, a vehículos en los que los motores eléctricos son alimentados por baterías de potencia las cuales se cargan por medio energía generada a partir de dispositivos presentes a bordo del vehículo que aprovechan las corrientes de aire, la luz solar, o una combinación de ambos.

#### 8.1.4.3.6 Eficiencia energética de carga o descarga de sistemas de baterías, ultra capacitores, súper condensadores o condensadores de doble capa especialmente adaptado para los vehículos

Son sistemas y métodos para la gestión de la energía eléctrica de un vehículo, y particularmente a un sistema y método para el seguimiento y la determinación de condiciones de carga la batería ósea carga o despolarización de la misma, y particularmente, a métodos para mantener las baterías en estado de carga.

## 8.2 Generación de calor

Técnicamente puede definirse una caldera de vapor, de acuerdo con la tecnología vigente, como todo aparato a presión, en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, a través de un medio de transporte, en este caso, vapor de agua. [99]

Las calderas se pueden clasificar dependiendo de su tamaño y la presión a la cual trabajen. De este modo, se tiene que una caldera de alta presión es aquella que es capaz de generar un vapor a una presión superior a 15 psi manométricos; una caldera de baja presión por su parte, produce vapor por debajo de esta presión.

Teniendo en cuenta el tamaño, se conoce como caldera de potencia a aquella caldera que trabaja por encima de 15 psi y excede el tamaño de una caldera miniatura, es decir 16" de diámetro interior

y 5ft<sup>2</sup> de volumen bruto y aislamiento, como lo establece la sección 1 del Código de calderas y recipientes a presión ASME. [100]

### 8.2.1 Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional

El vapor fue usado en tiempos pasados para generar energía mecánica. Dentro de las reliquias de la antigua civilización Egipcia, se han encontrado evidencias del uso de aire caliente para templos tanto encerrados como al aire libre.

#### Siglo I: Herón de Alejandría

Por el mismo tiempo, el matemático Herón de Alejandria, experimentaba con la generación de potencia a partir de vapor, y construyó un motor rotativo a vapor, que constaba de dos esferas giratorias, cuya rotación estaba impulsada por corrientes de vapor que provenían de dos boquillas (Figura 292). Aunque el creador consideró este invento como un juguete con el cual enseñaba física a sus estudiantes, se conoce este dispositivo como el primero en transformar vapor en movimiento rotatorio. Sin embargo, no fue sino 1600 años después, que el vapor se consideró una fuente útil, cuando dos inventores británicos como Thomas Savery y Thomas Newcomen empezaron a incorporar el vapor en dispositivos prácticos. Watt posteriormente mejoró sus inventos, patentando así diversos diseños que le otorgaron el título del padre de las máquinas de vapor modernas.

Las aplicaciones de las máquinas de vapor crecieron durante 1700, a medida que estas máquinas encontraron su uso en bombas, molinos y más adelante en vehículos como tractores, barcos, trenes y carros. La era del vapor duro alrededor de 200 años hasta que fue reemplazada por el motor de combustión interna y la electricidad. Aun así, en la actualidad se encuentran turbinas de vapor en funcionamiento siendo el vapor la fuente más común para la generación de electricidad



Figura 292. Máquina de vapor de Herón

La Tabla 74 muestra la evolución que ha tenido la máquina de vapor a lo largo de la historia, iniciando con la de Herón, pasando por la de Papin, Savery, Newcomen y Watt entre otras que se explican con mayor detalle más adelante.

Tabla 74. Evolución de la máquina de vapor

Fecha	Acontecimiento
Siglo I	Máquina de vapor de Herón de Alejandría
1690	Máquina de vapor de Papin en Francia Máquina de fuego de Savery en Gran Bretaña
1698	Máquina de Savery
1712	Máquina de vapor de Newcomen
1769	James Watt patenta la máquina de vapor Cugnot construye un vehículo accionado por vapor

1775	Watt y Boulton inician en Gran Bretaña la fabricación de máquinas de vapor para aplicación industrial
1785	Introducción de la máquina de vapor en industria de algodón en Gran Bretaña
1800	Máquina de vapor de alta presión de Trevithick
1804	Máquina de vapor de alta presión de Evans EEUU
1845	Caladera de Lancashire
1867	Caldera de Wilcox
1878	Caldera tipo Cochran
1927	Entró en servicio la primera caldera Benson
1957	Primera planta de generación que empleó una caldera supercrítica

Fuente: [45]

Los hornos se desarrollaron originalmente por la necesidad de cocción de la cerámica (4000 A.C) y para fundir cobre (300 A.C). Las calderas están estrechamente asociadas con los hornos. Éstas se usaron en principio para calentar agua y tienen origen en Roma y Grecia. Las primeras calderas fueron recuperadas de las ruinas de Pompeya. La era de las primeras calderas para uso industrial data de 1700-1800 principalmente con el fin de bombear agua de las minas.

### 1698: Máquina de vapor de Savery

Haciendo uso de las ideas de Edward Sommerset, quien en su libro “La Centuria” describe la máquina que él había inventado en 1630, la cual empleaba vacío producto de la condensación del vapor para elevar agua del depósito de su castillo, el capitán Thomas Savery inventó en 1698 su propia máquina de vapor. [101] La máquina de vapor de Savery fue la primera en tener un uso práctico y ser comercialmente producida, y empezó a ser reemplazada por la máquina de Newcomen a partir de 1712, y ya en 1730 dejó de ser usada. El único uso de esta máquina era de bombear agua fuera de las minas, actividad que antes se realizaba a través de caballos. La máquina de Savery trabajaba a presión atmosférica, es decir, la potencia provista era la presión de la atmósfera y no la de un pistón. Como consecuencia la altura máxima a la que se podía bombear el agua era alrededor de 32 pies, que es la altura a la cual la presión de una columna de agua iguala a la de la atmósfera. [102]

El funcionamiento de la máquina es el siguiente: las válvulas A y B se abren para llenar el cilindro con vapor y que éste sea capaz de bombear el agua hasta que alcance la altura  $h_2$  (Figura 293). Una vez se tenga el cilindro lleno de vapor, se procede a cerrar las válvulas A y B y a abrir esta vez la válvula D. El siguiente paso es permitir que el cilindro entre en contacto con agua fría para que debido al fenómeno de condensación del vapor, se genere vacío, permitiendo así bombear el agua hasta la altura  $h_1$ , la cual siempre va a ser menor a 32 pies. El proceso continúa repetidamente hasta bombear el agua que se requiera.

La máquina tiene la tendencia de llenarse de aire, ya que el aire disuelto en el agua es llevado hacia afuera por el calor en el calentador, y el aire no puede ser condensado por el agua fría. Problema que fue resuelto usando vapor a través de la tubería principal hacia la reserva superior para realizar una purga y lograr sacar el aire acumulado.

Debido a las altas presiones que esta máquina requería es que fue reemplazada, ya que los metales de la época no podían soportar la presión necesaria.

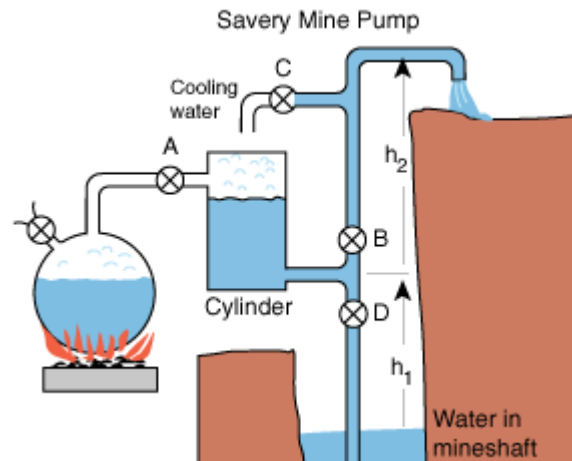


Figura 293. Máquina de vapor de Savery  
Fuente: [103]

### 1700: Máquina de vapor de Papin

Alrededor del año 1700, Denis Papin, un investigador y físico francés diseñó una máquina pequeña, comúnmente conocida como marmita. Esta máquina era la modificación de la máquina de Savery y pretendía allanar algunas de las limitaciones que ésta tenía. La capacidad de este aparato para almacenar el agua era de hasta 150 litros, poseía una válvula que permitía la regulación de la presión del vapor. Estaba construida en ladrillo, con lo cual se lograban minimizar las pérdidas de calor, de igual forma se introducían barras de acero al rojo vivo en el interior del pistón que al mismo tiempo flotaba en el agua, de esa manera el vapor se mantenía muy caliente. La función principal de este dispositivo era la de poner en movimiento la primera máquina homónima.

Mientras vivía en Inglaterra, Denis Papin logró desarrollar otros artefactos, que con ayuda de la Royal Society y Robert Boyle pudo sacar adelante. Un ejemplo fue la olla a presión, cuyo funcionamiento estaba relacionado con el accionar de una caldera, de forma que el vapor producido por el aparato se acumulaba en el interior de la olla generando la presión y el vapor. La caldera vista desde este punto de vista, logró revolucionar el mundo culinario, de una manera científica, ya que los métodos de cocina en la época eran muy lentos. Con este invento Papin logró demostrar que alimentos como la carne y los pescados que requerían un tiempo prolongado de cocción, se podían cocinar en menores tiempos haciendo uso de altas presiones.

### 1712: Máquina de vapor de Newcomen

En 1712, Thomas Newcomen, con su socio Thomas Savery, construyeron una máquina de vapor atmosférica usada para bombear agua fuera de las minas de carbón y estaño que existían en el sudoeste de Inglaterra, puntualmente en Cornualles. Superando las limitaciones que tenía la máquina de Savery, la máquina de vapor de Newcomen fue la primera máquina de vapor capaz de operar por un periodo extendido de tiempo (Figura 294). Esta máquina tenía la caldera separada del cilindro principal y un balancín, el cual unía y movía el vástago del pistón accionado con vapor, con el vástago de la bomba de agua (Figura 295). La presión de vapor hacía subir el émbolo al mismo tiempo que por su propio peso baja el pistón de la bomba; el vapor se condensa tras adicionar agua fría al cilindro principal, la presión desciende haciendo ascender el vástago de la bomba y de esta forma logra bombear agua. Una de las principales limitaciones era por una parte que esta máquina

no contaba con condensador independiente para el vapor y por otra el alto consumo energético dada la manualidad con la que debía adicionarse el agua fría para la condensación del vapor. [101]

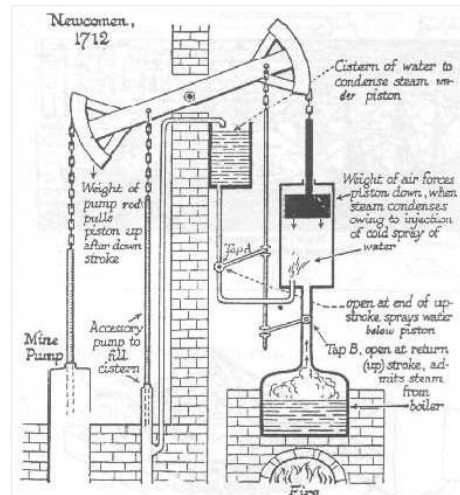


Figura 294. Máquina de vapor de Newcomen  
Fuente: [104]

La máquina estaba hecha de cobre en un principio y en 1800 este material fue reemplazado por hierro con el fin de soportar mayores presiones.

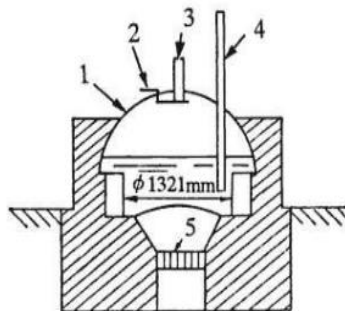


Figura 295. Caldera de Newcomen  
Fuente: [105]

### 1776: Máquina de vapor de Watt

James Watt empezó a desarrollar estas máquinas al ver que el vapor constituía un elemento muy importante para impulsar la economía y no depender tanto de la fuerza humana; aun así, las primeras máquinas no fueron lo suficientemente eficientes por el enorme desperdicio del calor del combustible. En 1763, James Watt vio que había un problema en la máquina de vapor de Newcomen, ya que existía una condensación prematura del vapor en el cilindro principal, lo que producía una disminución paulatina de la capacidad de esta máquina y por esto, cada vez una

temperatura menor. Es así como la máquina de vapor de Watt hace que el vapor se condense en un recipiente especial, el condensador.

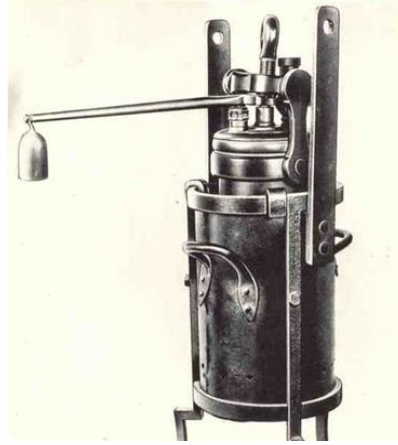


Figura 296. Máquina de vapor de Watt  
Fuente: [106]

El condensador era conectado a un tubo externo con forma cilíndrica, al cual se le tapaba ambos extremos. Usando este mecanismo, la máquina de Watt lograba que el cilindro siempre se mantuviera caliente, con lo cual se lograba un ahorro de la energía proporcionada por la leña o el carbón muy superior a lo logrado por la máquina de Newcomen.

En 1776 el mismo Watt diseñó una máquina de vapor con continuo funcionamiento, y tuvo oportunidad de ponerlo a prueba por completo, ya que lo usaba en su propia fábrica en donde en un principio se empleaba para accionar las bombas de agua. En 1781 Watt desarrolló su segunda versión de la máquina de vapor, de doble efecto; a esta segunda versión le agregó la corredera de apertura y cierre de válvulas en 1782. Posteriormente en 1783, mejoró el mecanismo de biela-manivela para convertir movimiento rectilíneo en rotatorio, mejoras con las cuales la máquina se convirtió en la base para el desarrollo de máquinas más avanzadas como las empleadas en la industria textil, por ejemplo. Hacia 1800 la máquina estacionaria de vapor ya era un producto comercial y la firma Watt & Boulton tenía por patentes y por su habilidad comercial, casi todo el monopolio en toda Europa.

El precio era fijado según la cantidad de caballos que podía reemplazar, de donde luego salió el término de caballos de fuerza. El constante mejoramiento de estos motores, luego dio lugar a que Robert Fulton y George Stephenson en 1807 y 1814 respectivamente, presentaran los primeros barcos y locomotoras, iniciando de esta forma la era de las máquinas a vapor móviles. [107]

### **1800: Máquina de vapor de Evans (Caldera cilíndrica)**

Las máquinas de vapor de Newcomen y Watt operaban a presiones ligeramente por encima de la atmosférica. En 1800 el inventor americano Oliver Evans construyó una máquina de vapor de alta presión, empleando una caldera horizontal de forma cilíndrica (Figura 297). La caldera de Evans consistía en dos corazas cilíndricas, una al interior de la otra. El espacio comprendido entre las dos corazas se encontraba ocupado con agua. La fuente de calor consistía en una cámara de combustión a la entrada de cada uno de ellos. Esta cámara podía ser diseñada para quemar gas, petróleo o



carbón. Los fogones se encontraban rodeados por agua en su exterior y el calor que se generaba en la cámara de combustión era transferido al agua. Una de las desventajas era que después de repetidos calentamientos y enfriamientos, se deterioraban generando infiltraciones de aire que desequilibraban el tiro de la caldera, disminuyendo su eficiencia.

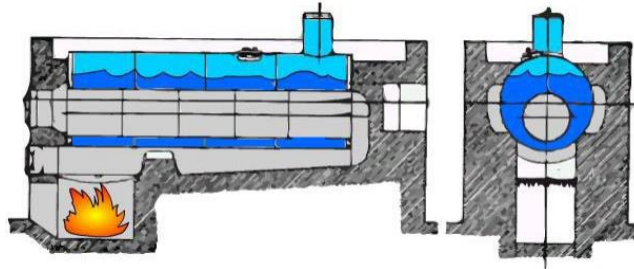


Figura 297. Máquina de vapor de Evans  
Fuente: [105]

Como se puede observar en la Figura 297, el gas pasa a lo largo de la coraza, lo que le da la ventaja de una mayor superficie de transferencia por unidad de fluido de trabajo, razón por la cual este tipo de calderas se consideraban más económicas que los anteriores diseños. La presión y por ende la temperatura que se lograban alcanzar con este diseño eran mayores. Simultáneamente, pero de forma independiente, el ingeniero británico Rochard Trevitick desarrolló un dispositivo similar, que fue empleado en la primera locomotora.

#### **1845: Caldera pirotubular Lancashire**

La primera mejora importante sobre la caldera de Evans y Trevithick fue la caldera pirotubular Lancashire, la cual fue patentada en 1845 por el ingeniero británico Sir William Fairbairn (Figura 298). El funcionamiento de esta caldera se basa en el hecho de que los gases calientes producto de la combustión, pasaban dentro de tubos que se encontraban ubicados en el interior de un contenedor de agua, aumentando de esta forma el área superficial por la cual se podría presentar la transferencia de calor. El vapor saturado era conducido a la cima de la caldera. El principal uso de esta caldera era para el funcionamiento de motores a vapor. Este tipo de caldera es limitada en cuanto a capacidad y presión, además de tener un alto riesgo de explosión. Debido al principio de diseño, no pueden conseguirse unas producciones tan grandes ni unos parámetros de vapor tan extremos en calderas pirotubulares.

Las calderas pirotubulares han experimentado mejoras desde su creación. En 1953, por ejemplo, se desarrolló una caldera de tres pasos; en 1956 se creó una caldera con doble hogar de combustión; y en 1977 se incorporaron electrodos de seguridad que permitían controlar el nivel mínimo de agua.

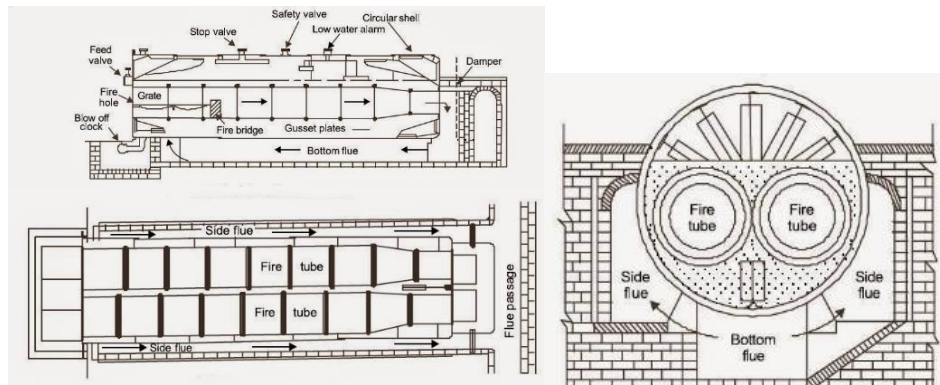


Figura 298. Caldera de Lancashire vista superior (izq.) y frontal (der.)

Fuente: [108]

### 1878: Caldera tipo Cochran

La caldera de tipo Cochran fue desarrollada hacia 1878. SE trataba de un manto cilíndrico en cuyo interior se encontraban ubicados tubos horizontales que estaban soportados en placas tubulares las cuales se encontraban bridadas. En 1934, con la colaboración de Kirke, inventor de los tubos Sinufo, se lanzó una línea de calderas horizontales cuyo novedad era el ser recuperadoras de calor. Estas calderas se emplearon exitosamente para la generación de vapor a partir de gases calientes residuales provenientes de los procesos de industrias como la del gas y el acero.

En 1959, se lanzaron presentaron al público las calderas verticales Cochran Serie II, las cuales contaban con mayores eficiencias térmicas y adicionalmente gran producción de vapor para su tamaño. Una ventaja de estas calderas, era la flexibilidad en el uso de combustibles, ya que se podían emplear tanto combustibles líquidos como sólidos. Una vez se tuvo mejora en los materiales y procesos de fabricación fue posible instalar más tubos en cada unidad, surgiendo de esta manera la caldera multitubular. Estas calderas se clasifican de acuerdo al número de pasos; entendiéndose por pasos el número de veces que los gases producto de la combustión pasaban a través de la caldera. El diseño de tres pasos fue el más común; el primer paso correspondía a la cámara de combustión y los dos restantes los pasos a través de los tubos como tal.

### 1867: Caldera acuotubular de Wilcox

La caldera acuotubular fue patentada en 1867 por los inventores americanos George Herman Babcock y Stephen Wilcox. Esta caldera tenía mayor superficie de calentamiento, permitiendo de esta manera la circulación de agua reduciendo dramáticamente el riesgo de explosión que se tenía con las calderas pirotubulares. En la caldera acuotubular el agua fluye a través de tubos los cuales son calentados externamente por los gases de combustión por medio de mecanismos de convección y conducción (Figura 299). Los gases de combustión fluyen de manera transversal a los tubos; el vapor generado se colecta en la parte superior en un tambor.

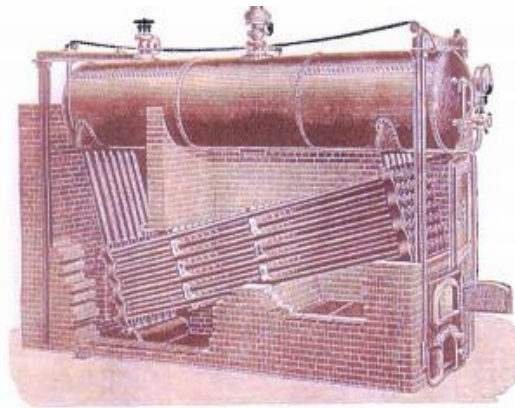


Figura 299. Caldera acuotubular de Wilcox  
Fuente: [105]

El gran número de tubos sumado al flujo transversal de gases de combustión aumentan la tasa de transferencia de calor. Este tipo de calderas pueden ser construidas con una mayor área de transferencia de calor por unidad de fluido de trabajo en comparación con los diseños de calderas previas. Las calderas acuotubulares se convirtieron en el estándar para el diseño de calderas más grandes dado que admitían mayores valores de presión. Su aplicación inicial fue como impulsora de máquinas a vapor, pero más adelante se convirtió en la opción por excelencia para las turbinas de vapor. Babcock y Wilcox fundaron en 1867 la primera compañía de construcción de calderas en Providencia (USA) la cual aún existe en la actualidad bajo el nombre de Babcock Borsig.

#### **Caldera con tambor de vapor**

El siguiente paso fue la aparición de la caldera con tambor de vapor, la cual incorporó a la caldera un tambor de vapor con el fin de llevar a cabo la separación entre el vapor y el agua líquida. Lo anterior coincidió con una nueva tecnología de fabricación de los tubos, el conformado, lo que permitió una unión económica y confiable entre los tubos y el tambor. A pesar de que la manufactura de este tipo de caldera era más compleja, tenía múltiples beneficios al tener un mejor control de la calidad del agua debido a la existencia del tambor de lodos en donde se recogen los sólidos precipitados. Los primeros diseños incorporaban múltiples tambores de vapor como se muestra en la Figura 300, sin embargo, la caldera con dos tambores de vapor se convirtió rápidamente en un estándar.

Este tipo de caldera, fue una de los primeros diseños en caldera en incorporar tubos curvados. La utilización de tubos curvados se da por varias razones: [109]

- Razones de transferencia térmica hacen imposible utilizar tubos rectos
- El tubo curvado permite la libre dilatación y contracción del conjunto normalmente sobre el tambor de lodos, ya que el tambor o tambores de vapor están separados o suspendidos por estructuras de aceros
- Los tubos curvos entran en el tambor radialmente para permitir que muchos haces de tubos penetren en el tambor
- Los tubos curvados permiten una mayor flexibilidad en la disposición de los tubos de la caldera que en las calderas de tubos rectos

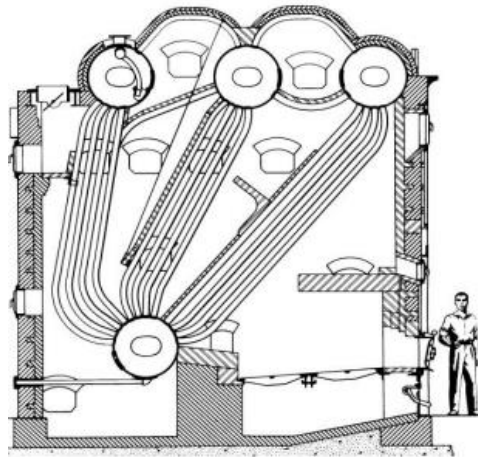


Figura 300. Caldera multi-tambor tipo Stirling  
Fuente: [105]

### Horno de tubos

La creciente demanda de calderas cada vez más grandes para la alimentación de vapor a las turbinas, obligó el desarrollo de hornos con mayores volúmenes, lo cual condujo al desarrollo del horno de tubos en donde finalmente se integró en un mismo espacio la combustión y la transferencia de calor, procesos que anteriormente se manejaban por separado. Lo anterior fue posible gracias a la incorporación de tubos de transferencia de calor en la pared interior del horno (Figura 301). Con este diseño se logró un ahorro económico importante y la posibilidad de escalamiento en el tamaño de los hornos. Para 1995, el primer horno totalmente acoplado fue desarrollado

En un horno de tubos, la pared interior de éste se encuentra totalmente cubierta de tubos de transferencia a través de los cuales circula agua. Dado que los tubos se encuentran en el interior del horno, el calor se transfiere principalmente por la radiación producto de la combustión

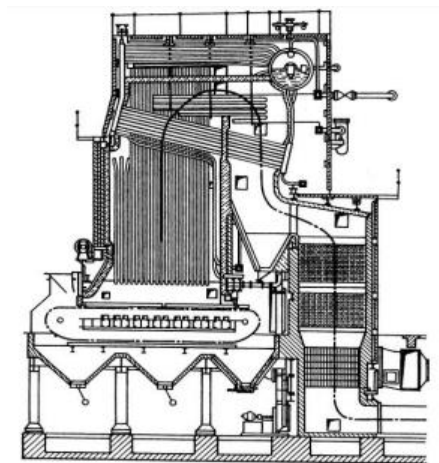


Figura 301. Horno de tubos  
Fuente: [105]

### Caldera de un paso

Para poder aumentar el tamaño de las calderas, la restricción de la circulación natural debía ser superada. La idea de una caldera de un solo paso, donde no se requiera tambor de vapor y por ende no exista circulación de agua sin evaporar, no era nueva; patentes del concepto de una caldera de un paso datan de 1824.

En 1927 entró en servicio la primera caldera Benson, la cual tenía una capacidad de 30 t/h a 180 bar y 450° C. La capacidad de este tipo de calderas fue aumentando a lo largo de los años; en 1970 se consiguió una producción máxima de 1000t/h, y para 1975 la capacidad superaba 2000t/h. [110] Sin embargo, la primera aplicación comercial de este tipo de caldera no se dio sino hasta 1923, cuando el inventor checoslovaco Mark Benson proporciono a la empresa English Electric Co, una pequeña caldera de un paso que permitía un flujo de 1,3kg/s. La unidad operaba a la presión de vapor crítica, sin embargo por fallas frecuentes en los tubos, esta presión disminuía.

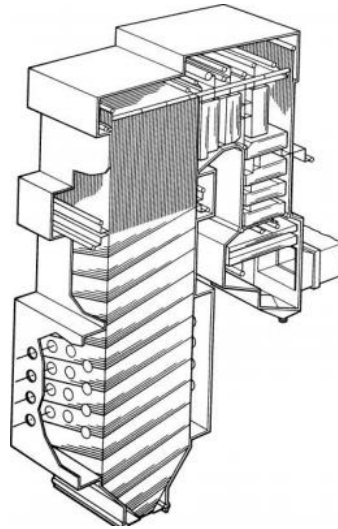


Figura 302. Caldera Benson  
Fuente: [105]

La caldera de un paso, emplea tubos más delgados y de menor diámetro en comparación con los empleados en una caldera de circulación natural.

### Calderas supercríticas

La era que vino después de la Segunda Guerra Mundial trajo consigo un rápido desarrollo económico en los Estados Unidos y el deseo de plantas de generación de energía cada vez más eficientes. Las mejoras en la metalurgia de los tubos y tecnologías de la química del agua, junto con el diseño de la caldera de un paso, hicieron posible el desarrollo de una planta de generación que operaba a presiones de vapor supercríticas (Figura 303). Las calderas de presión supercríticas son de dos tipos: de paso directo y de recirculación. Ambos tipos operan en el rango por encima de los 224,43 kg/cm<sup>2</sup> y 374°C. En este rango las propiedades del líquido y del vapor saturado son idénticas; no hay cambio en la fase líquido-vapor por lo que no existe nivel del agua y, por lo tanto, no se hace necesaria la presencia de un calderín. La primera planta de generación que empleó una caldera supercrítica fue construida por Babcock & Wilcox y General Electric en 1957, inicio operando a 125 MW con una corriente principal a 31 MPa y 621 °C.



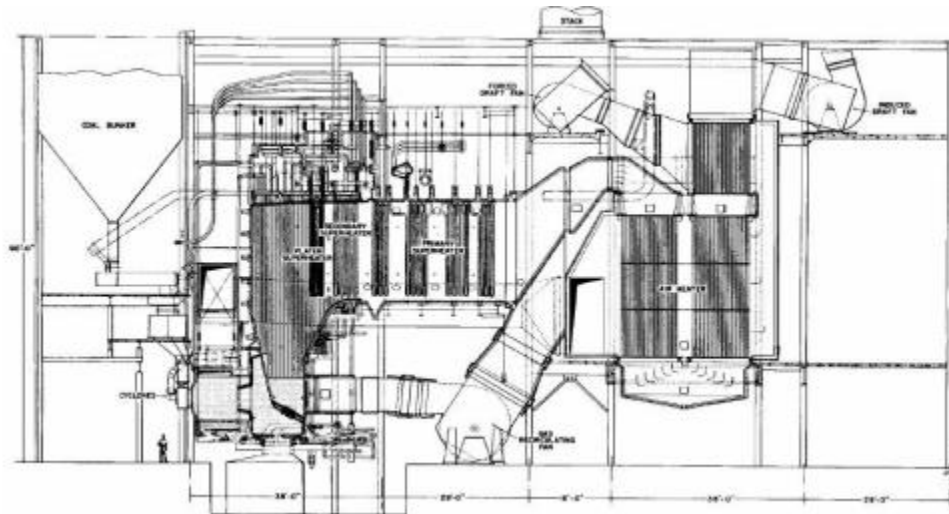


Figura 303. Primera planta supercrítica  
Fuente: [105]

### Comparación entre calderas piro y acuotubulares

Existen varios criterios que deben tenerse en cuenta cuando se debe elegir el tipo de caldera. Al analizar la capacidad térmica generada, se tiene que la caldera piro tubular es capaz de contener volúmenes muy superiores a los de la caldera acuotubular, de modo que la caldera piro tubular es más resistente ante las fluctuaciones de vapor, las cuales tendrán repercusiones en parámetros como la densidad. Por otra parte, dada su menor capacidad de agua, la caldera acuotubular permite una instalación más sencilla. Un factor a considerar en relación con la duración de las calderas de vapor es el número de arranques del quemador y por ende el nivel de carga mínima que puede producir la caldera. La siguiente tabla presenta la comparación de algunos criterios a tener en cuenta a la hora de la elección entre una caldera piro tubular y una acuotubular.

Tabla 75. Comparación entre calderas piro tubulares y acuotubulares

Crterios	Calderas Piro tubulares	Calderas Acuotubulares
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad d agua	Mayores exigencias, es necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento
Mantenimiento	Fácil de limpiar	Más costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como por ejemplo las mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas	Son necesarias mediciones con ultrasonidos además de prueba hidrostática, es decir pruebas costosas en tiempo y dinero
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento	Menor; es más difícil realizar su mantenimiento en funcionamiento
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador, cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas	En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial, el quemador no puede apagarse manualmente
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño	Menor
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión	Susceptible a fluctuaciones de presión y carga resultantes del proceso
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas

Fuente: [55]

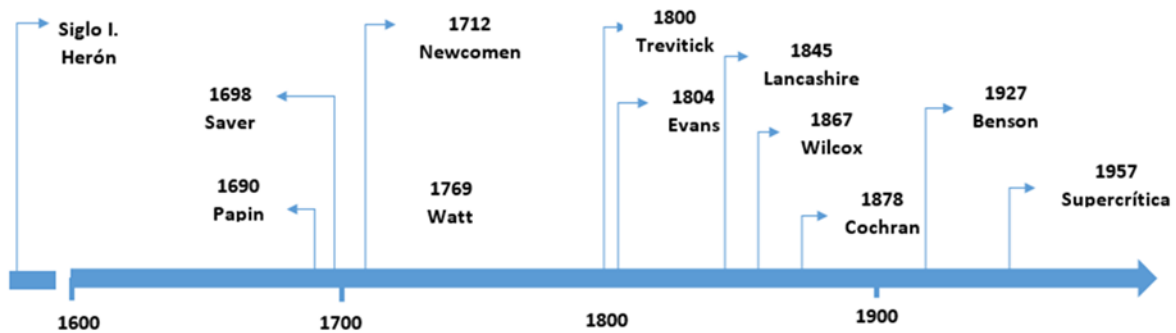


Figura 304 Línea de tiempo evolución de sistemas de generación de calor (calderas)

Fuente: Elaboración propia

### 8.2.2 Evolución histórica de la tecnología en Colombia

Debido a los diversos usos que tiene el vapor, las calderas son muy utilizadas en la industria en aplicaciones como calentamiento, esterilización o incluso en la generación de trabajo o energía eléctrica. La industria Colombiana emergió entre las décadas de 1830 y 1850 y se concentró en un principio en la ciudad de Bogotá y se conformaba de pequeñas fábricas de loza, ácido sulfúrico y algodón [111]. La década de 1820 marco una nueva era en Colombia al entrar en funcionamiento los primeros barcos a vapor. En 1823, el empresario alemán Juan Elbers introdujo el primer barco a vapor que trabajó por el río Magdalena gracias a una decisión política y acto legal impulsado por el Presidente Simón Bolívar. [112]

La construcción y uso de ferrocarriles para el transporte de mercancía por su parte tuvo lugar en el periodo comprendido entre 1836 y 1930. El primer ferrocarril construido en Colombia correspondió al de Panamá y se construyó con el fin de conectar los océanos Atlántico y Pacífico. [113] A partir de ese entonces se empezaron a construir ferrocarriles en distintas regiones del territorio Colombiano los cuales permitieron comunicar ciudades y aportaron al desarrollo económico del país.

El primero de Enero de 1900 entró en operación la primera máquina de vapor para la industria azucarera colombiana en el Ingenio Manuelita. La máquina de vapor fue importada desde Inglaterra bajo la orden de Santiago Éder quien era el gerente en ese momento de la compañía. [114]

De 1900 a 1933 la industria textilera en Colombia tuvo gran importancia y empresas como Compañía de tejidos de Medellín y la Compañía Colombiana de Tejidos (Coltejer) por nombrar algunas, contaban dentro de su equipamiento con calderas para la producción del vapor que requerían dentro de su proceso productivo [112].

En 1949 inició operaciones DIsstral S.A., una compañía metalmecánica colombiana para la fabricación, montaje, puesta en marcha, operación y mantenimiento de equipos requeridos en las industrias azucarera, petrolera y de generación de energía. Le empresa no tuvo mayor importancia a nivel nacional en sus inicios, sin embargo su aparición coincidió con desarrollo industrial que vivió el país en el quinquenio de 1949 -1953, época en donde nacieron industrias importantes como Acerías Paz del Río, Planta de Soda y ECOPETROL.

La industria siderurgia fue una de las principales industrias en donde el uso de calderas tuvo aplicación; en 1950 se realizó la adaptación de varias locomotoras de la marca belga Tubize a Acerías Paz del Río. La adaptación consistió en poner a trabajar las locomotoras con carbón, por ser un recurso además de económico más abundante y dejar de emplear el fuel-oil original [115].

Hacia el año 1951, se produce en Distral S.A. la primera caldera en el país bajo patente de Licencia y Supervisión de la Continental Boylet Inc. De Estados Unidos Ya para 1955 el ingeniero Vitautas Dziuzillus construyó las primeras calderas de vapor en Distral de carácter nacional aunque con materiales importados ya que no se contaba con láminas de acero de calidad de origen colombiano, apoyado por el arancel aduanero que estimulaba la producción nacional, dejando de importar tantas caderas y favoreciendo de esta manera la instalación de calderas nacionales en muchas empresas del país [116].

Colmáquinas, firma importadora y comercializadora de productos especiales para la fabricación y reparación de calderas inició labores en 1958 y en 1960 obtuvo gran reconocimiento al ser catalogada como la compañía más importante en el montaje de calderas para ser empleadas en los ingenios azucareros y plantas de las industrias de cartón, papel, alimentos y bebidas. La importancia de Colmáquinas ha sido tal que ha tenido participación en grandes proyectos como el mantenimiento y de construcción de unidades de Termozipa, montaje de Planta Balance y Planta Optimización de Ecopetrol en Barranca, por nombrar algunos ejemplos.

Por otro lado, haciendo referencia a la tecnología empleada, se tiene que desde los inicios de la firma hasta aproximadamente 1964, la producción de Distral S.A se realizaba con planos suministrados por varias compañías norteamericanas como Orr Semblowe Inc., Continental Boylet Inc. y la Foster Wheller, a las cuales se les pagaba regalías por la utilización de sus patentes. La producción desde 1964 se caracterizó por el cada vez menor uso de patentes norteamericanas y en cambio cada vez mayor presencia de diseños propios como resultado de la experiencia adquirida, llegando a tener diseños propios para todas las calderas de tipo pirotubular. [117]

Y fue precisamente en 1964 cuando la empresa inició el diseño, fabricación y montaje de calderas acuatubulares para la industria azucarera [118] La primera caldera fabricada por esta empresa para la industria azucarera fue para el Ingenio Central Tumaco, y era capaz de producir 100 mil libras de vapor por hora; para ese entonces esta empresa era la encargada de la producción del 80 % del vapor requerido para la industria azucarera y la caldera más grande producida para esta industria empleaba bagazo y tenía una capacidad de producción de 300 mil libras de vapor por hora. Sin embargo se habían fabricado unidades con capacidad de 1100 libras de vapor por hora que trabajaban con carbón para las centrales termoeléctricas [118]. En 1969 la misma empresa inauguró la producción de calderas de alta potencia en la ciudad de Bogotá, lo cual fue el principio de un gran desarrollo tecnológico que llevó a la posterior construcción de turbinas hidráulicas. [116] En este mismo año abrió una planta en el municipio de Soacha y en 1973 otra planta en la zona franca de Barranquilla, la cual tuvo un impacto positivo ya que se especializó en la producción de equipos y calderas acuatubularres y calderas pirotubulares para exportación. Las principales exportaciones de calderas pirotubulares se destinaron en orden de magnitud a los países pertenecientes al Pacto Andino, Centro América, Estados Unidos, Sudáfrica, Medio Oriente y Lejano Oriente; las calderas acuatubulares por su parte se destinaron en su totalidad para los países del grupo Andino [117]



JCT es otra empresa que tiene gran importancia en el país al hablar de calderas, ya que ha fabricado más de 1200 calderas como apoyo a la productividad nacional. Nació en 1981 con las líneas de fabricación de calderas verticales, y otros equipos de presión. Hacia mediados de los noventa, se logró aumentar la eficiencia de los equipos al desarrollar la línea de calderas de camisa húmeda. Dentro de los grandes proyectos de los cuales hizo parte JCT está la construcción de una caldera mixta para biomasa de 750 BHP y otra de gran formato que funciona a fuel oil para ser utilizada en operaciones de lavandería [119]

En 2000 se presentó otro gran avance para JCT al lograr la fabricación de calderas compactas a carbón con parrilla viajera, lo que permitió un aumento en la calidad de combustión y por ende en la generación de vapor. [119]

Colmáquinas adquirió en 2005 la propiedad, derechos de marca, tecnología e ingeniería de Distral S.A. convirtiéndose en la compañía más importante al hablar de calderas.

Respondiendo a la problemática del cambio climático y aprovechando el desarrollo tecnológico, se han desarrollado proyectos para lograr una disminución en la cantidad de emisiones de gases contaminantes y material particulado a la atmósfera producto del proceso de combustión en calderas que empleen fuel oil, ACPM o carbón.

Gas Natural, ha mostrado gran interés en la implementación de nuevas tecnologías para la preservación del medio ambiente, desarrollando en 2006 el primer proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio. El proyecto Sombrilla quedó registrado el 26 de Octubre ante la Convención Marco de la ONU para el Cambio Climático y plantea como objetivo la reducción de 325.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en ocho plantas industriales de Bogotá y la región de Cundinamarca en un periodo de 10 años, por medio de la sustitución de fuel-oil por gas natural en calderas, hornos cuartos de secado y otros equipamientos. [120]

Otro ejemplo de esta iniciativa hacia calderas más amigables con el medio ambiente, es el estudio que se realizó en 2007 para la evaluación del impacto de la sustitución de fuel oil por gas natural en la empresa ANDERCOL en su planta en la ciudad de Medellín [121]. Los resultados del estudio mostraron factibilidad con beneficios mensuales de US\$ 97.000 y reducciones no cuantificadas de CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y material particulado y se concluyó que es necesaria la inclusión de quemadores duales en caso de ausencia de gas, ya que el proceso de pasar de los quemadores de gas natural a los de fuel oil requiere 12 horas.

A pesar de que el Grupo Bosch ha estado presente en Colombia desde mediados de los 90s a través de varias compañías que lo representaban en el país, desde 2008 la compañía inició operación como una unidad de negocios Bosch conformando un grupo de trabajo con las divisiones Termotecnia, Rexroth, Herramientas Eléctricas y Sistemas de Seguridad, permitiendo de esta manera el ingreso al país de calderas de alta eficiencia como lo son las calderas murales de condensación, las calderas de acero presurizadas y las calderas “thermostream”. Las calderas murales de condensación emplean la tecnología de condensación para maximizar el aprovechamiento del gas natural o gas propano empleado; las calderas de acero presurizado por su parte cuentan con máxima eficiencia de hasta 93 %, no requieren caudal mínimo y brindan gran flexibilidad ya que funcionan con diésel o con gas; por último las calderas “thermostream” permite temperaturas de retorno sin restricción

y elimina el choque térmico gracias a la distribución proporcional del agua a lo largo del equipo y su diseño de tres pasos le otorga una alta eficiencia. [122]

En 2015 entra en funcionamiento la unidad Gecelca 3, la primera planta en Colombia que emplea la tecnología de lecho fluidizado en la caldera para la generación de energía eléctrica. Gracias a esta tecnología es posible la utilización de carbón luminoso proveniente del departamento de Córdoba y cumplir con los estándares ambientales tanto nacionales como internacionales [123].

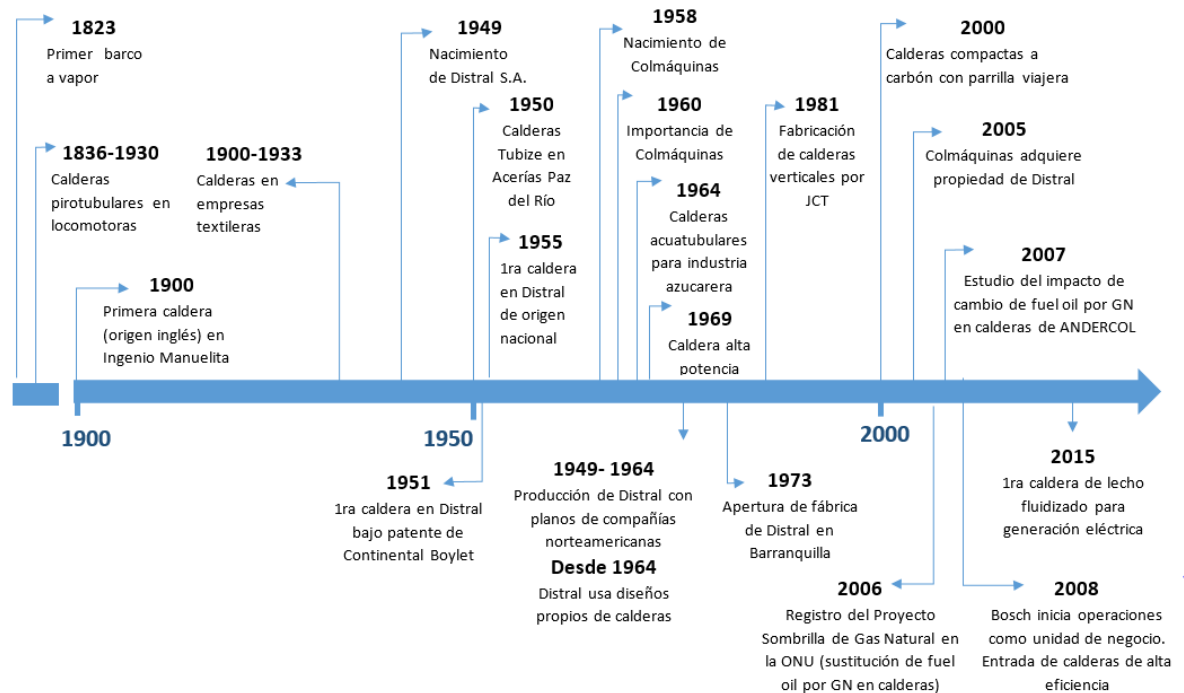


Figura 305 Línea de tiempo de uso de calderas en Colombia  
Fuente: Elaboración propia

### 8.2.3 Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica

La prospectiva de cambio tecnológico en la generación de vapor se aborda desde cuatro secciones: en primer lugar se hace una revisión de los métodos de generación de vapor para identificar la manera en que se da la generación de vapor, es decir, si es mediante combustión, energía solar, electricidad u otros métodos; de igual forma se analiza el tipo de caldera empleada, cómo están constituidas las plantas de generación de vapor y el tipo de control que se ejerce sobre las calderas de vapor

#### Métodos de generación de vapor

La Figura 306 muestra las tendencias tecnológicas en cuanto al método de generación de vapor. Los resultados obtenidos muestran que existen seis métodos para la generación de vapor para los cuales se están realizando patentes: mediante combustión de hidrógeno, mediante utilización de calor solar, a través del aprovechamiento de portadores de calor, utilizando el calor solución

absorbedora de vapor de agua, mediante la combustión a presiones superiores a la atmosférica y en calderas calentadas eléctricamente.

Se puede observar que se ha presentado un aumento significativo en cuanto al número de patentes para la utilización de calor solar pasando de aproximadamente 300 patentes en 2009 a 1600 en 2015; la utilización de calor solar se logra mediante la utilización de colectores y reflectores cuya función es calentar un fluido que pasa a través de estructuras tubulares y generar de esta manera el vapor. La generación de vapor por medio de calderas calentadas eléctricamente también muestra un crecimiento llegando alrededor de 600 patentes en 2015. Los demás métodos aunque presentan crecimiento constante al pasar de los años.

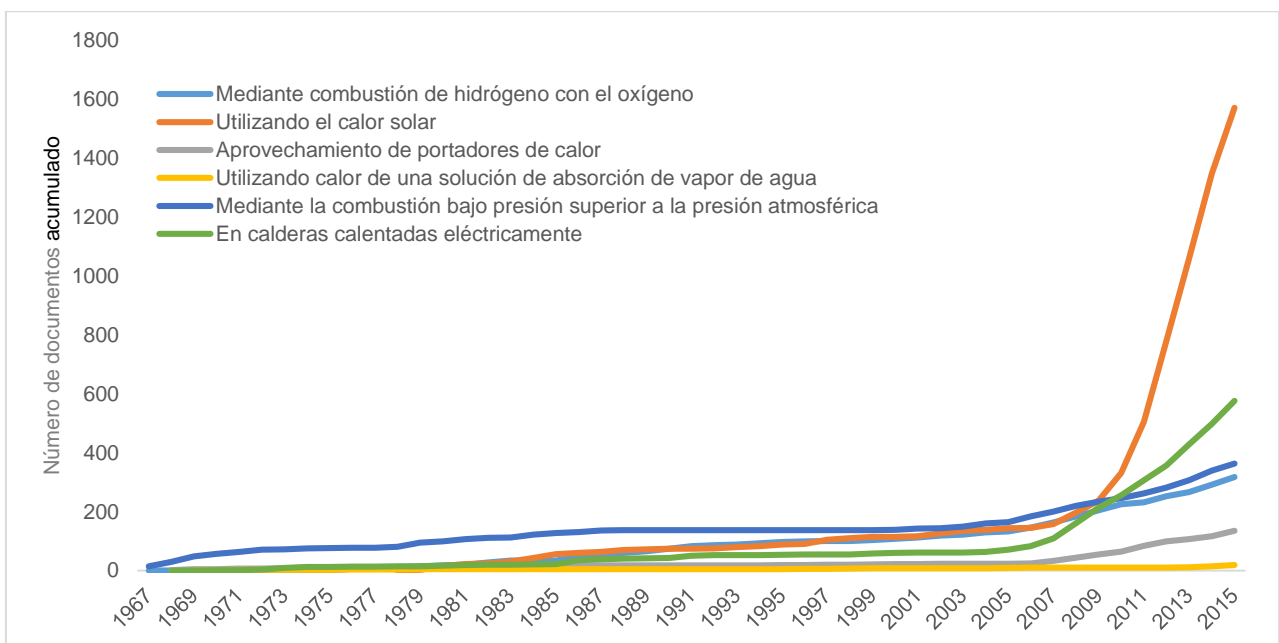


Figura 306 Curva de Tendencia: Métodos de generación de vapor  
Fuente: Elaboración propia CIDET

La generación de vapor través del aprovechamiento de portadores de calor hace referencia a la transferencia de calor que se logra cuando existe un portador que se encuentra a mayor temperatura y a los dispositivos para dicha transferencia.

La Figura 307 presenta la tendencia en patentes en aprovechamiento de portadores de calor. Se puede observar que el gas caliente es el portador que ha experimentado mayor crecimiento, pasando de 100 patentes en 2005 a más de 1000 en 2015, mientras que los demás tipos de portadores si bien presentan un aumento desde 2011, éste es mucho menor en comparación con el que presenta el gas caliente como portador.

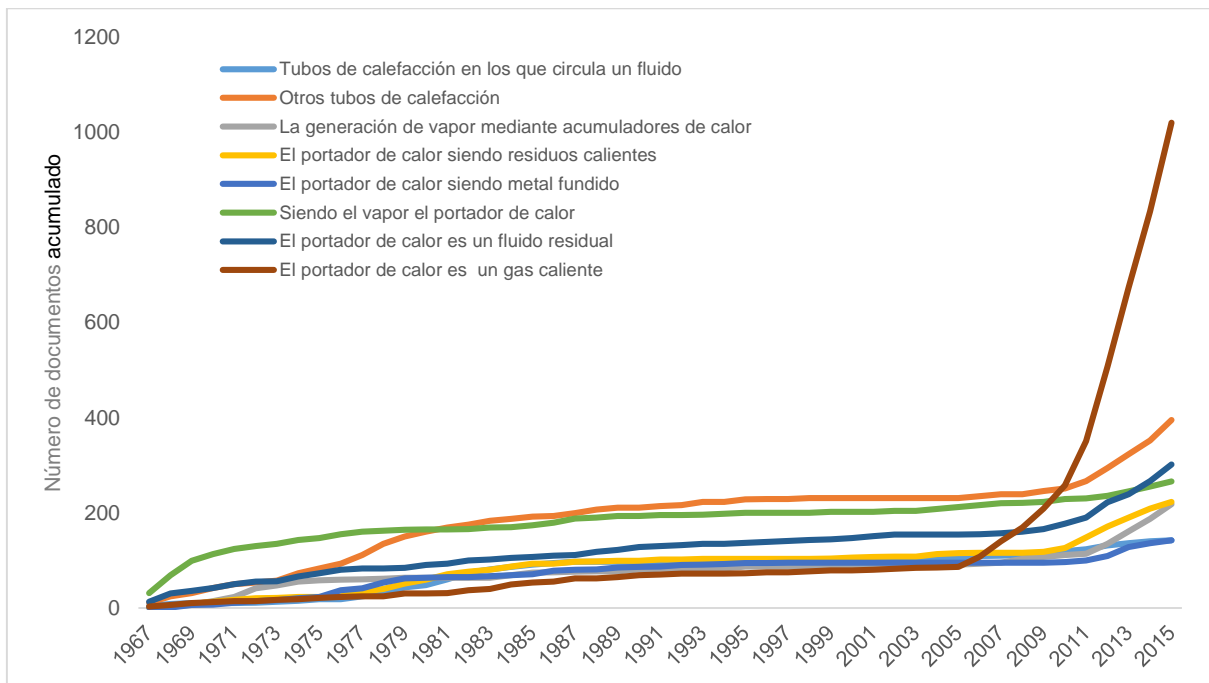


Figura 307 Curva de Tendencia: Aprovechamiento de portadores de calor  
Fuente: Elaboración propia CIDET

Por otra parte, cuando se habla de utilizar el calor desprendido en una solución de absorción de vapor de agua, se hace referencia a calderas que emplean soda, por ejemplo para que ésta adquiera mayor temperatura gracias a la inyección de una solución de vapor de agua.

Las calderas calentadas eléctricamente tienen a su vez una diferenciación dependiendo del método, los dispositivos y controles que se empleen para la generación de vapor. La Figura 308 muestra la curva de tendencia en este tipo de método de generación de vapor. Se puede ver que la utilización de reservorios tiene un dominio presentando un crecimiento tardío pero exponencial en comparación con las demás tecnología, las cuales muestran un crecimiento temprano y que no varía mucho al pasar de los años, indicando posiblemente que se ha alcanzado un nivel de madurez como es el caso de las calderas calentadas eléctricamente usando el método de inducción, en donde el suministro de energía eléctrica se logra empleando unos electrodos que se encuentran sumergidos y en contacto directo con el líquido a calentar.

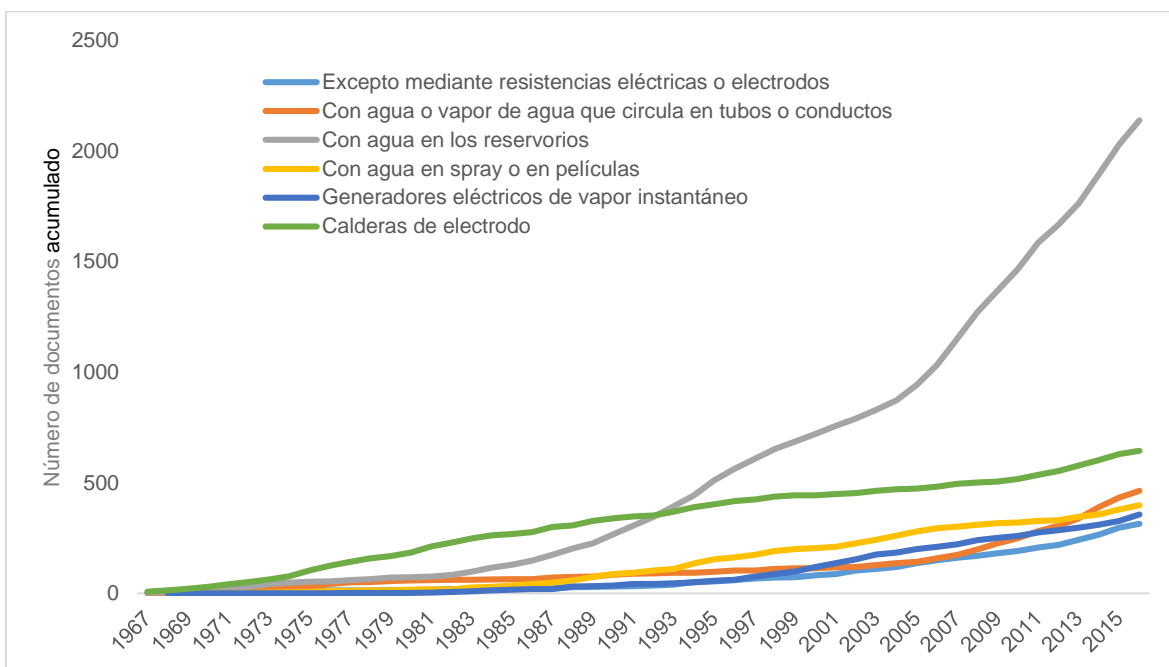


Figura 308 Curva de Tendencia: En calderas calentadas eléctricamente  
Fuente: Elaboración propia CIDET

Existen otros métodos de generación que no se presentan en la Figura 306 por tener una baja participación dentro del total de documentos y corresponden a aquellos que incluyen la participación de medios de trabajos que no sean agua, a la generación de vapor por medio de disminución de presión, por transformación mecánica y a vapores que alcanzan condiciones supercríticas.

La Figura 309 muestra que el método de generación de vapor mediante la disminución de la presión de agua caliente con cámaras de presión reductoras es el método que mayor número de documentos presenta con un crecimiento diferenciado entre 1981 a 2007 en donde pasó de 25 a aproximadamente 170 patentes y entre 2007 a 2015 en donde la tasa de crecimiento es mayor, llegando a casi 350 documentos en 2015

La transformación mecánica hace referencia que el calor resulta de la fricción interna de un fluido en movimiento o de la fricción entre un fluido y un cuerpo en movimiento, de forma que la energía mecánica se transforma en energía térmica.

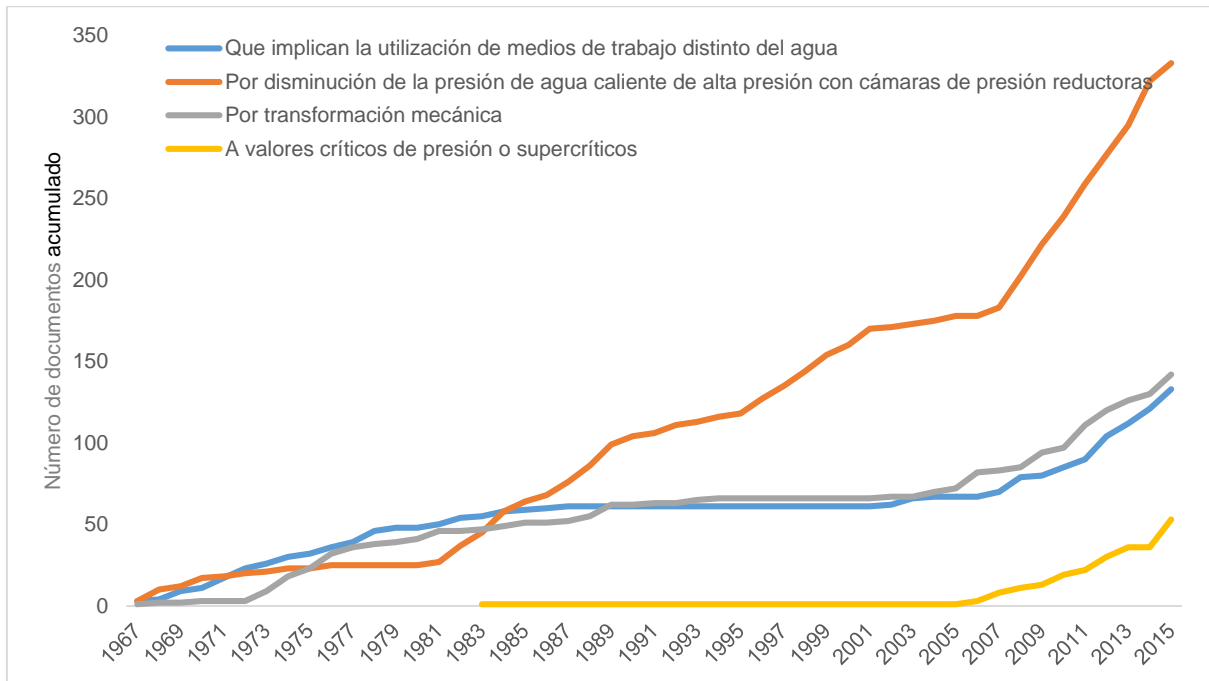


Figura 309 Curva de Tendencia: Otros métodos de generación de vapor  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### Tipos de calderas de vapor

Existen diferentes tipos de calderas las cuales se muestran en la Figura 310. Varios de estos tipos de calderas se encuentran en estado saturado desde mitad del siglo pasado, es decir que no ha habido mayor crecimiento en cuanto a patentes relacionadas con estos tipos de calderas. Sin embargo calderas como aquellas de tubo de agua de tipo horizontal y calderas de flujo forzado presentan mayor crecimiento en número de patentes llegando a valores que superan los 5000 documentos, indicando que el cambio tecnológico se encuentra dirigido hacia este tipo de calderas.

Las **calderas de tipo tambor** se identifican por tener cilindros horizontales en los cuales está contenida una mezcla de líquido vapor, la cual por medio de separadores mecánicos es separada en fase líquida y vapor para su posterior paso a través del sobrecalentador o la turbina.

Las **calderas de tipo tubo de horno** se caracterizan por ser calderas en donde los gases de combustión son generados dentro de un tubo del horno montado en una caldera de tambor, para generar alta velocidad en los gases de combustión, los cuales atraviesan aletas a lo largo del tambor, permitiendo de esta forma un intercambio de calor eficiente.

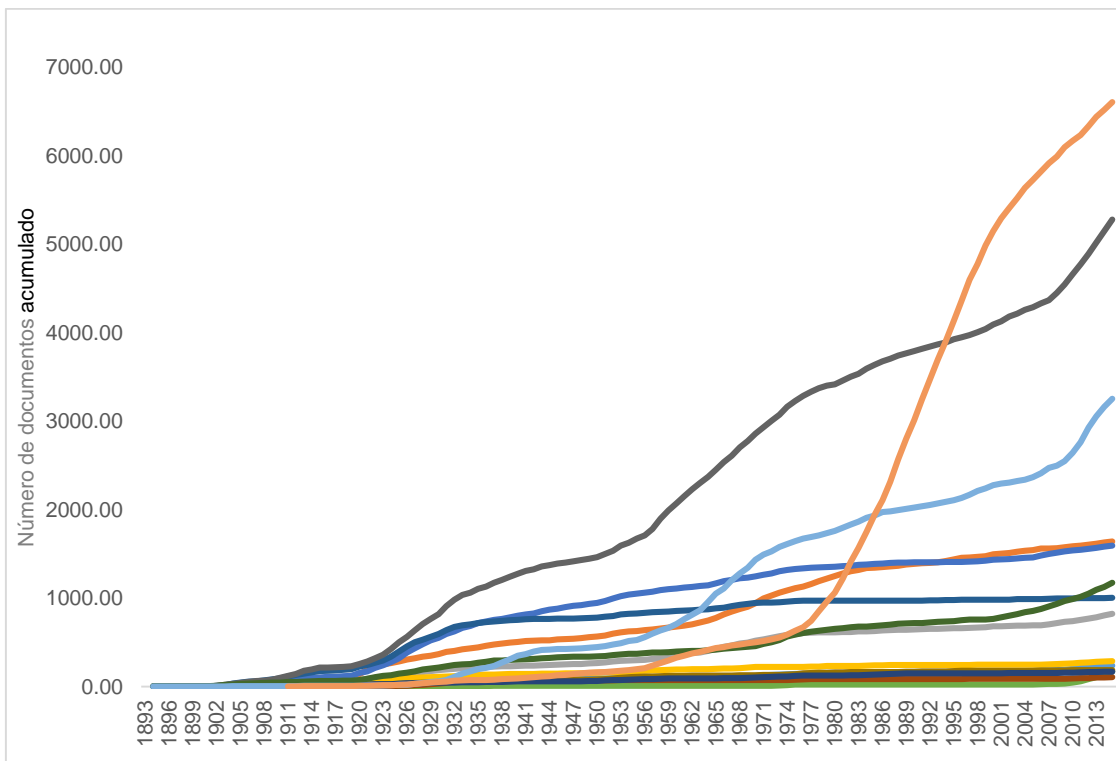
Otro tipo de calderas son las **calderas de tipo tubo de humo** o piro-tubulares, en donde el calor de los gases de combustión que fluyen a través de tubos, es transferido mediante conducción térmica al fluido que está en contacto con dichos tubos.

Las **calderas de tubos de agua** o acuotubulares, son aquellas calderas en donde el agua circula a través de tubos, los cuales son calentados externamente por gases calientes. Dependiendo de la inclinación de los tubos se clasifican en horizontales, verticales, inclinados horizontalmente o se

puede presentar una combinación en la orientación de los tubos. De igual forma se puede presentar una combinación entre tipos de calderas, mezclando zonas pirotubulares con acuotubulares

Las **calderas de vapor instantáneo** incluyen las caderas de vapor flash y son construidas a partir de tubos de humo, de agua y de elementos intercambiadores de calor dispuestos dentro de una cámara con paredes de retención de calor con boquillas de pulverización para lograr una mayor eficiencia en la transferencia de calor

Finalmente en las **calderas de flujo forzado** el flujo del medio de trabajo es asegurado mediante la adición de una bomba para tener circulación por convección y aumentar así la eficiencia de la generación de vapor y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera



- Calderas de vapor de tipo tambor
- Calderas de vapor del tipo tubo de horno
- Calderas de vapor de tipo tubo de humo
- Calderas de vapor combinado de tipo tubo de humo y tubo de agua
- Calderas de vapor de tipo de caja de fuego
- Calderas de tubos de agua de tipo horizontal
- Calderas de tubos de agua de tipo inclinado horizontalmente
- Calderas de tubos de agua combinada de tipo inclinado horizontalmente y de tipo vertical
- Calderas de tubos de agua de tipo vertical o fuertemente inclinado
- Calderas acuotubulares edificadas de conjuntos de tubos de agua espaciada de doble pared del tipo retorno unilateral con conexiones contiguas con una caldera de tambor o con una caja de cabecera
- Calderas de tubos de agua, edificado a partir de conjuntos de tubos de agua con tubos de chimenea organizados internamente, o piro-tubulares, que se extiende a través de los tubos de agua de calderas acuotubulares
- Calderas de vapor instantáneo o rápido
- Calderas de vapor de tipo flujo forzado
- Modificaciones de la construcción de calderas, o de sistemas de tubo, dependiendo de la instalación de aparatos de combustión

*Figura 310 Curva de Tendencia: Calderas de Vapor*  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### Plantas de generación de vapor

Las plantas de generación de vapor se entienden como la combinación de diferentes tipos de calderas y dispositivos para el aprovechamiento de sus características en la obtención de vapor.

Dentro de las combinaciones reportadas en los documentos, se encuentran las combinaciones de calderas con un único aparato de combustión interna, con las cuales se pretende optimizar el consumo energético; las calderas de vapor autónomo que corresponden a sistemas que contienen varios elementos como medios quemadores, conductos para la descarga de gases de escape, sistemas de almacenamiento, lo que permite lograr una mayor eficiencia; y la combinación de alta y baja presión para la obtención de diferentes potencias de salida.

Las anteriores plantas de generación no presentan un cambio muy significativo en cuanto a números de documentos, contrario con lo que pasa con las combinaciones de calderas de vapor con otros dispositivos, las cuales han venido en aumento desde 1977, momento en el que se tenían menos de 20 documentos, llegando a casi 200 en los noventa y alcanzando alrededor de 350 en 2015 como lo presenta la Figura 311.



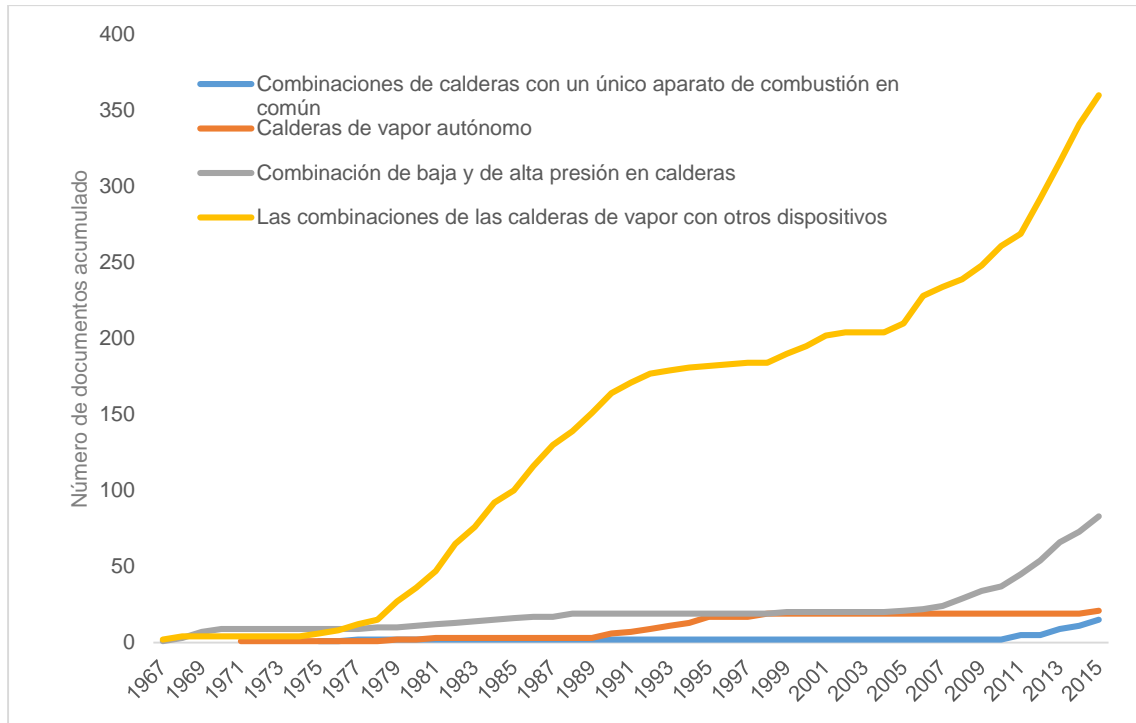


Figura 311 Curva de Tendencia: Plantas de generación de vapor  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### Sistemas de control de calderas de vapor

La eficiencia del proceso de generación de vapor puede ser de igual forma mejorado, si se tienen sistemas de control que eviten el desperdicio de energía. La Figura 312 presenta los sistemas de control estudiados y para los cuales existen documentos. Se puede observar que las tecnologías en sistemas de control se encuentran en crecimiento temprano, con una aceleración en los últimos años en temas como la recirculación de gases de combustión.

Hablando de los gases de combustión, se tienen sistemas para el control de amortiguadores y para la recirculación de estos gases. Si aborda desde el tipo de caldera, se tienen sistemas de control para generadores de vapor de centrales nucleares, calderas de vapor instantáneo, calderas de recuperación de calor y dependiendo del tipo de flujo se tienen sistemas de control para calderas con circulación por convección natural y de flujo forzado.

Por último también hay sistemas para la aplicación de la informática al control, que corresponden a sistemas y métodos que permiten la verificación y análisis en tiempo de real de datos para tener una cobertura completa de los elementos del sistema de generación de vapor y poder identificar anomalías en cuanto a flujos, combustible, factores de carga, entre otros

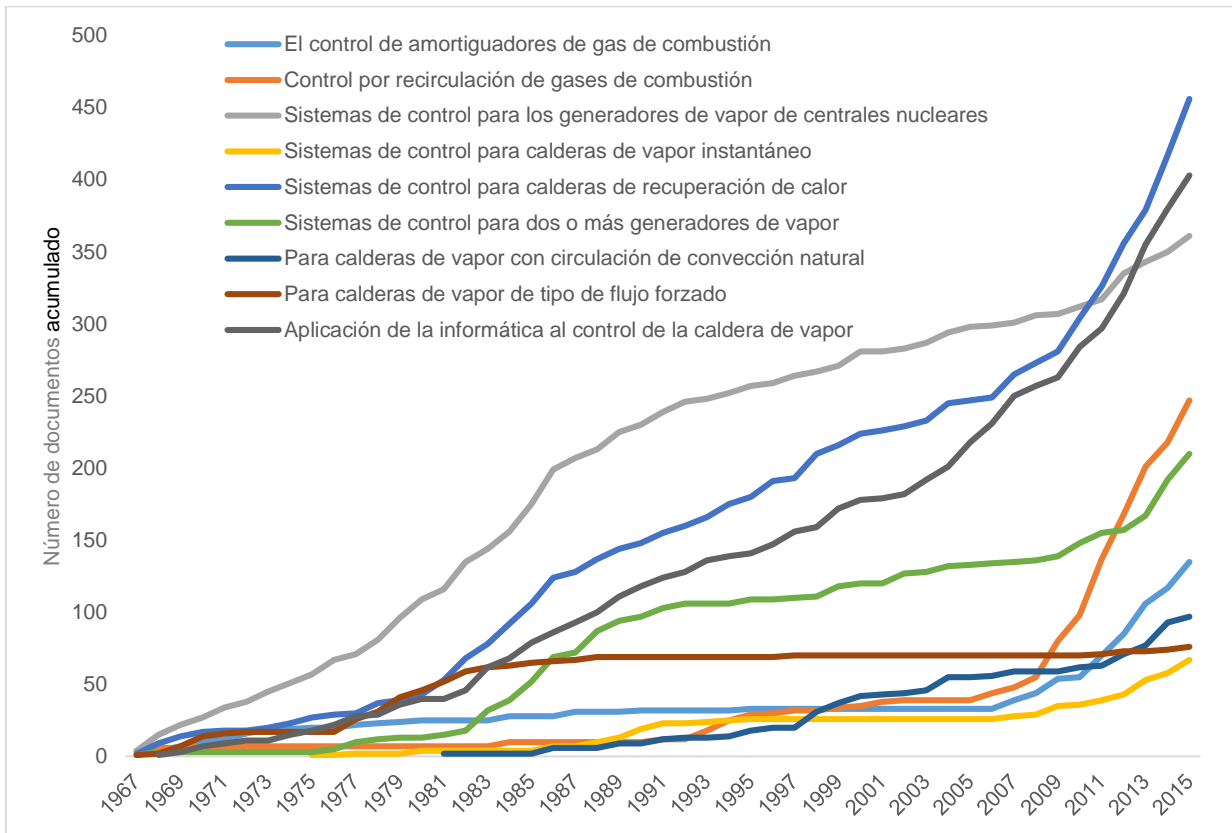


Figura 312 Curva de Tendencia: Sistemas de control de calderas de vapor  
Fuente: Elaboración propia CIDET

### 8.3 Iluminación

Se analizará el cambio tecnológico relacionado con la iluminación. Ésta tecnología en particular se desarrolló desde que de forma instintiva los primeros hombres incorporaron el fuego en su vida mejorando su vida en diferentes aspectos como generación de calor, iluminación, seguridad e ingesta de alimentos. A medida que los grupos sociales aumentaban su número y las costumbres nómadas eran remplazadas por las sedentarias, la iluminación tuvo diferentes cambios que le permitieron adaptarse a las nuevas necesidades, presentando un incremento en la eficiencia, la iluminación evoluciona a tal punto que se incorpora a las actividades diarias de una comunidad.

Desde el momento mismo de su incorporación al estilo de vida de una comunidad la iluminación, como tecnología, ha estado en un constante cambio adaptándose a las necesidades de cada época y en algunos casos generando cambios sociopolíticos a partir de su innovación. A continuación se analizará algunos de los principales cambios que ha presentado la iluminación como tecnología a lo largo de la historia y que aspectos incidieron en la penetración y difusión del cambio tecnológico.

#### 8.3.1 Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional

Siglos XIII-IV A.C; Como respuesta al surgimiento de las jerarquías sociales y construcción de grandes obras se hace necesario poder iluminar y brindar calefacción al interior de edificaciones. Inicialmente se emplean grandes cantidades de grasa animal la cual es incinerada en recipientes especializados para dicho fin, construidos inicialmente en piedra y metal.

Sin embargo era necesario transportar la iluminación a diferentes lugares y optimizar su eficiencia ya que la grasa animal era costosa en aquella época, de esta manera se desarrollan las primeras velas, las cuales basan su funcionamiento en la incineración de una fibra animal inmersa en grasa.

En 1795 se encuentra en el punto de mayor crecimiento la industria ferroviaria, la cual emplea carbón mineral como principal fuente de energía, gracias a lo cual se hacen grandes avances en la optimización de dicho recurso. El desarrollo de gas de carbón permite la evolución de la iluminación al desarrollar las primeras lámparas. Si bien en esta época ya se contaba con un sistema de alumbrado público basado en lámparas con velas, dicho sistema no se había expandido ampliamente y era considerado una novedad. Al emplear las lámparas de gas de carbón en las calles, inicialmente en Londres, se apreció una significativa reducción de la tasa de delincuencia y permitió que la población pudiera desarrollar un mayor número de actividades en el día.

Gracias a la penetración de la iluminación pública en 1810 en Londres se aprueba la primera ley que incentiva a la expansión y desarrollo de la tecnología relacionada con la iluminación. [124] En 1859 el principal energético empleado hasta el momento era carbón; este empieza a ser reemplazado por los derivados del petróleo gracias al inicio de la comercialización del petróleo a nivel internacional. Al ser una materia prima refinada presenta una mayor eficiencia, es más económico y su red de distribución es más amplia. Este cambio tecnológico permite el desarrollo de lámparas y estufas de querosén que presentan una vida útil más prolongada en comparación con las lámparas de gas de carbón; debemos resaltar que el factor que más incidió para su penetración en el mercado fue el hecho de transformar la iluminación en algo portátil y disponible para todo el mundo. [125]

Durante el siglo XIX Humphry hace experimentos con hilos de platinos y descubre que al hacer pasar corriente eléctrica a través de los filamentos los mismos se calientan produciendo incandescencia.

Sin embargo se ve enfrentado a diferentes problemas; el más destacable consiste en encontrar un material cuyo punto de fusión fuera más elevado que la temperatura necesaria para que generará luminiscencia y el hecho que al calentar un material en presencia de oxígeno se iniciaba el proceso de combustión, lo que lo hacía a esta tecnología inestable.

Sin embargo esta tecnología incide sobre la iluminación pública gracias al desarrollo de Foucault. Este desarrollo tecnológico no tuvo inicialmente una gran acogida debido primordialmente a que de forma paralela se desarrolló la camisa de tejido especial para lámparas de querosén que permitían generar luz blanca frente a lo cual la iluminación dada por impulsos eléctricos que se caracterizaba por una luz amarilla roja era percibida como deficiente. [124]

En 1879 Thomas Alba Edison, basado en los desarrollos realizados por Humphy, desarrolla las lámparas de filamento de carbono con la novedad de estar en un entorno sellado al vacío, sin embargo el principal problema fue la emanación de gases de carbón los cuales ennegrecía el cristal. [126]

Posteriormente, en 1882 Thomas Alba Edison crea la primera central de generación eléctrica, a vapor, para brindar cobertura a sus primeros 52 clientes. Al ver la eficiencia, la seguridad y simplicidad de las bombillas, logran permean el mercado del alumbrado público.

El ritmo de producción en 1882 era de 4 unidades por hora pasando a 100.000 y posteriormente a 4'000.000.00 en 1883 y 1893 respectivamente. Lo que nos permite dimensionar la importancia de este cambio que no solo revoluciona la tecnología de la época si no que impulso toda una revolución social. [126] En 1900 se desarrolla el filamento de Osmio solucionando en gran medida el problema de ennegrecimiento del cristal; aunque el filamento de Osmio emanaba gases lo hacía en una proporción significativamente menor a la del filamento de carbón. La eficiencia también mejoró significativamente ya que consumía aproximadamente la mitad de energía para generar la misma luminiscencia. [126]

En 1903 se desarrolla el filamento de Talanto y Tungsteno, los cuales representan un incremento en la eficiencia mayor. Consumen la tercera parte de energía en comparación las primeras bombillas.

El principal problema que presenta ésta tecnología está asociado con su elevado punto de fusión el cual impide emplear moldes o crisoles para su fabricación. Se requiere pulverizar el material para luego comprimirlo empleando grandes prensas hidráulicas demandando así un alto costo energético de fabricación [126] En 1913, Irving Langmuir trabajador de GE desarrolla la idea rellenar las lámparas con gas inerte, con el fin de eliminar la emanación de vapores y así prolongar la vida útil de las lámparas y aumentando la eficiencia. La bombilla de filamento de carbono producía 3.5 lm/W, la bombilla de tungsteno producía 8 lm/W y la de tungsteno y gas inerte llegaba a producir hasta 12 lm/W.

Inicialmente se emplea el nitrógeno para generar un ambiente inerte, pasando luego a una mezcla de nitrógeno con argón en diferentes proporciones, una de las principales ventajas obtenidas a partir de la implementación de los gases nobles es que éstos tienen una baja conductividad térmica, lo que permite al filamento alcanzar una mayor temperatura produciendo una luminiscencia de mejor calidad. [124]

En 1934 se desarrolla el filamento enrollado, el cual como su nombre lo indica se caracteriza por reemplazar el filamento liso por uno enrollado finamente, lo que permitía mayor incandescencia. Así mismo, en 1938, basándose en los desarrollos Heinrich Geissler, quien había desarrollado el primer tubo de vidrio cerrado con gases nobles en su interior que generaba luz al hacer pasar electricidad por Friedrich Meyer desarrolla la lámpara fluorescente tal como se conoce en la actualidad.

Los problemas de durabilidad y emanación de rayos ultra violeta se resolvieron al aumentar la presión del mercurio contenido al interior del tubo y mediante la adición de una sustancia fluorescente. En comparación con la tecnología desarrollada hasta entonces la iluminación fluorescente presentaba la gran ventaja de generar una luz más blanca y uniforme, no presentaba gran radiación, lo que evitaba la generación de sobras. [127]

Hacia 1956, se desarrollan las lámparas Halógenas, las cuales son una derivación de la lámpara incandescente convencional. El desarrollo de la tecnología halógena surge como respuesta a la demanda aeronáutica que requería instalar una fuente de iluminación de mayor potencia en las alas de sus aviones con el fin de que fueran más visibles en las pistas.

La principal diferencia con las lámparas incandescentes radica en la sustitución del filamento de Talanto por una de Tungsteno y los gases inertes por gases halógeno. Dado que ésta tecnología tiene una temperatura de operación considerablemente alta fue necesario cambiar el cristal convencional por un cristal de cuarzo.

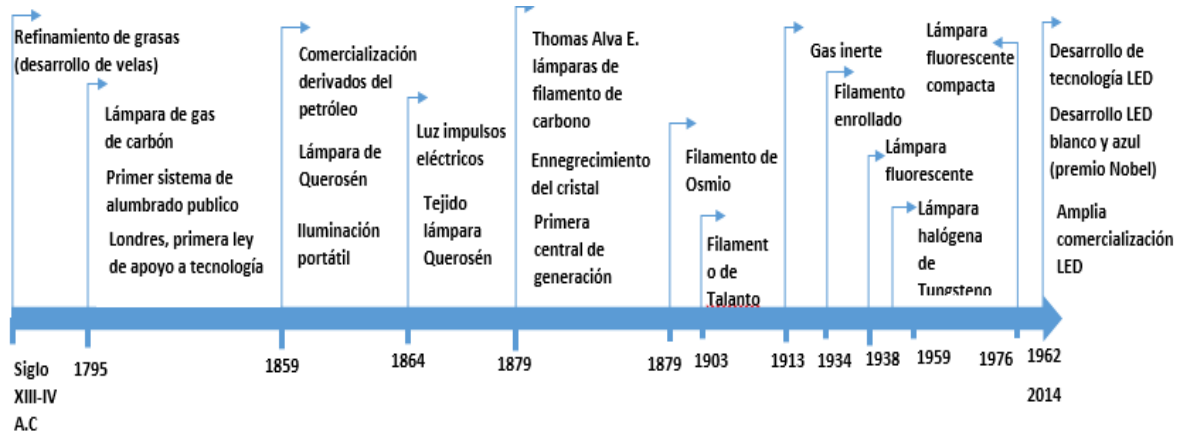
La tecnología halógena se caracteriza por generar una luz más potente y nítida con una luminaria más pequeña. [128] Algunos de los problemas que presentaba la tecnología fluorescente estaba asociada la instalación debido a su forma alargada. Como respuesta a dicho problema en 1976 el ingeniero Edward Hammer, trabajador de GE, desarrolla la lámpara fluorescente compacta (CFL) la cual reducía el diámetro del tubo empleado permitiendo enrollarlo hasta obtener una forma similar a la de una luminaria tradicional.

Sin embargo fue hasta 1995 cuando se masifico la comercialización de la tecnología fluorescente, generando que los precios de las luminarias bajaran y estuviera al alcance de todos. [127] El científico estadounidense Nick Holoyak desarrolla la tecnología LED ( Diodo emisor de luz) el cual al igual que los otros dispositivos de iluminación basa su funcionamiento en la circulación de corriente atrás de un filamento, la principal diferencia de la tecnología LED es que ésta no requiere un gas inerte, halógeno o fluorescente para su funcionamiento.

La corriente, tanto negativa como positiva separadas por un pequeño espacio, circulan por un material semiconductor encargado de transformar la energía eléctrica en energía óptica. Debido a que la generación de iluminación no es el resultado de la combustión o desgaste de algún elemento la vida útil de la tecnología LED es la mejor obtenida hasta ahora y la eficiencia de conversión de energía se aproxima al 100%. Sin embargo vale la pena aclarar que su desarrollo inicial, Nick Holoyak, no tuvo mayor relevancia en el mercado debido especialmente a que estaba disponible en colores rojo, verde y amarillo. Fue hasta que en 2006 gracias al desarrollo efectuado por los Japoneses Isamu Akasaki y Shuji Nakamura que la tecnología LED penetra el mercado, con el desarrollo de los LED de color azul y blanco. [129]

En la Figura 313 se resume la evolución que ha presentado la iluminación, como tecnología, a lo largo de la historia.

Figura 313 Línea de tiempo evolución de la iluminación a nivel de internacional



Fuente: Elaboración propia

### 8.3.2 Evolución histórica de la tecnología en Colombia

1874 De forma similar a lo hallado a nivel internacional, la iluminación en Colombia aparece con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de la comunidad. En 1874 se registra la inauguración del primer alumbrado público, construido en Bogotá, el cual basaba su funcionamiento en gas natural, extraído de la hulla. (Carbón mineral).

La operación de éste sistema de alumbrado público estaba a cargo de la empresa colomboamericana American Gas Company. La construcción y operación de la red de alumbrado público fue propuesta y scada a licitación por el gobierno nacional. Reemplazando la eliminación mediante farolas de cebo.

1892-1898 La tecnología de iluminación mediante gas es sustituida por la iluminación eléctrica, en Medellín se inaugura el primer alumbrado que utilizaba electricidad para generar luz. En Bucaramanga de forma paralela se lleva a cabo la construcción de una central hidroeléctrica la cual tiene como propósito brindar electricidad para el uso final de iluminación en la ciudad. [130]

1928 hasta este año el uso de electricidad así como el alumbrado público estaba centrado en el sector privado, debido a su disponibilidad. En el año 1928 se expide la ley 113 la cual tiene como propósito la creación y concesión de redes de canalización de plantas eléctricas para uso industrial o doméstico. De ésta manera se puso al alcance de la población en general la electricidad y con ella la iluminación mediante bombillas eléctricas. [131]

El suministro de electricidad así como los planes de expansión en las redes y la creación de sistemas de alumbrado público en esta época estaban a cargo de los gobiernos municipales quienes tenían total autonomía y eran independientes entre sí. Razón por la cual solo las principales ciudades como Bogotá, Cartagena, Cali y Medellín fueron pioneras en la implementación de iluminación eléctricas y las demás ciudades presentaron un retraso en la implementación de dicha tecnología.

1938 Mediante la ley 126 de 1938 el gobierno nacional promueve la creación de plantas eléctricas para la generación de electricidad a nivel nacional, esta ley se enfocó en los municipios de menores recursos. Mediante licitación el municipio ofertaba proyectos de construcción de plantas de generación, una vez determinado el valor del mismo el gobierno nacional otorgaba al municipio el dinero faltante, diferencia entre el costo total del proyecto y el presupuesto existente en el municipio, para llevar a cabo la obra. De esta manera la electricidad y el cambio tecnológico que la misma conlleva, no solo en lo referente a iluminación, tuvo un importante crecimiento en el país. Esta expansión tecnológica generó una masificación de la iluminación mediante electricidad en el alumbrado público. Dicha masificación conllevó a una reducción en los precios de la tecnología llegando a estar al alcance de todos los ciudadanos.

2007-2011 Con el objetivo de generar una transformación tecnológica que busque aumentar de forma significativa la eficiencia en cuanto a la demanda de energía para la iluminación el gobierno colombiano mediante la expedición del decreto 3450, en cual establece de forma inicial que a partir del año 2007 todos los edificios públicos se encuentran obligados a sustituir los bombillos incandescentes por bombillos fluorescentes compactos y tiene como propósito final que a partir del año 2011 no se permita la importación comercialización y utilización de fuentes de baja eficiencia lumínica. Con la implementación de éste decreto se llevó a cabo la sustitución de aproximadamente 48 millones de bombillos incandescentes, ubicados en mayor parte en los hogares de estratos 1 al 3. Dicho decreto significó un ahorro para el gobierno nacional, el cual subsidia los servicios básicos en los estratos 1 al 3, de aproximadamente 950 mil millones de pesos. Según estimaciones realizadas por el ministerio de minas y energía así como la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). El ahorro en energía que dicho decreto generó equivale a 47.000 toneladas de carbón que tendrían que ser empleadas para la generación de electricidad en una central como termo tasajero diariamente. [132].

2011 si bien en Colombia la tasa de electrificación ha venido creciendo de forma significativa a lo largo de su historia y el gobierno nacional otorga subsidios a los servicios básicos, como la electricidad, aún existe un gran número de hogares que no cuentan con el servicio eléctrico ya sea porque están ubicados en áreas consideradas de invasión, áreas que según el plan de ordenamiento territorial no están contempladas para la construcción de viviendas urbanas o predios baldíos que son ocupados con el propósito de edificar construcciones [133], o porque los recursos económicos del hogar no son suficientes para costear dicho servicio. Como respuesta a esta necesidad en Colombia nace una fundación sin ánimo de lucro “un litro de luz” cuyo principal objetivo es proporcionar a los hogares que no cuentan con servicio de iluminación una alternativa para mejorar las condiciones de vida mediante la instalación en de botellas plásticas con agua y cloro que basan su principio de operación en la refracción de luz natural, mediante la instalación de la botella en el tejado de las viviendas donde la mitad de la botella está en el interior de la vivienda y la otra mitad está expuesta a la radiación solar. Ésta iniciativa ha llevado iluminación a más de 3.702 viviendas ubicadas en las principales ciudades colombianas como Bogotá, Medellín, Cali y Cartagena. [134]

Sin embargo la iniciativa “un litro de luz” encuentra su principal problema en el hecho que en la noche las viviendas no cuentan con iluminación, debido a éste problema surge la iniciativa un “litro de luz night” la cual promueve la construcción de sistemas de alumbrado público de bajo costo



(\$400.000 COP por unidad, el costo promedio un punto de iluminación tradicional es cercano a \$1'200.000 COP sin tener en cuenta el costo de la mano de obra y cableado) d autosustentables los cuales están basados en paneles solares 30 vatios, baterías de 18 amperios hora y materiales como PVC brindan iluminación pública hasta por cuatro días con 7 horas de carga. Esta iniciativa ha generado un solución para miles de familias e iniciado un proceso de transformación tecnológica y cultural donde las comunidades con ayuda de empresas privadas y fundaciones sin ánimo de lucro son responsables de la instalación y mantenimiento de red de alumbrado el cual opera de forma auto sostenible. [134]

2012-2015 en éste periodo es posible apreciar que las diferentes empresas encargadas del suministro de iluminación en espacios públicos, han iniciado un proceso de transformación tecnológica en las redes existentes mediante la implementación de programas piloto de iluminación en áreas de interés común como el parque de la 93 o la iglesia Lourdes en Bogotá, obteniendo gratos resultados y aceptación por parte de los ciudadanos, una de las principales bondades que ha conllevado el desarrollo de éste plan la reducción hasta de un 70% de la tasa de delincuencia en zonas consideras críticas en materias de seguridad. De manera adicional con la implementación de esta nueva tecnología ciudades como Bogotá representan la disminución en consumo equivalente a la demanda de un centro poblado de 21.300 habitantes con luminarias tradicionales. El plan de transformación tecnología contempla la transformación de redes de alumbrado público para el año 2016 en ciudades como Bucaramanga, Medellín y Bogotá. [135] [136] [137]

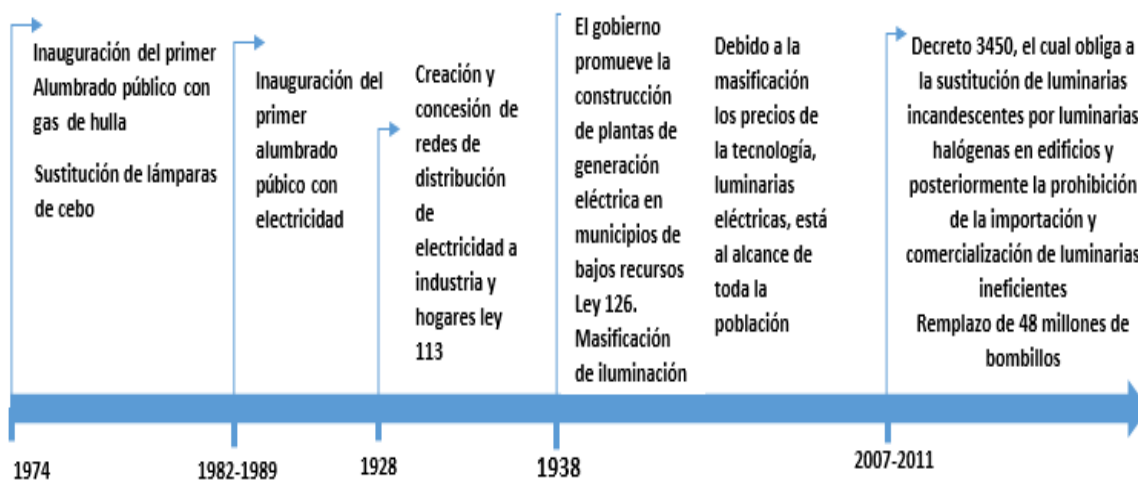


Figura 314 Línea de tiempo de la transformación tecnológica en iluminación Colombia  
Fuente: Elaboración propia CIDET

En la Figura 314 se presenta la línea de tiempo de la transformación tecnológica en cuanto a iluminación en Colombia. Dicha transformación se ha dado en gran medida como respuesta a estímulos generados a partir de políticas públicas las cuales buscan controlar y generar un cambio tecnológico en pro del bienestar de los ciudadanos. Una vez el gobierno logra masificar la tecnología de iluminación eléctrica se ve forzado a establecer medidas de consumo eficiente y responsable con el objetivo de tener un crecimiento energético eficiente.



Es importante resaltar iniciativas como un litro de luz, un litro de luz night y modernización de iluminación pública en las principales ciudades de Colombia ya que como se ha podido observar a lo largo de la evolución de la tecnología de iluminación a nivel nacional y global la iluminación de espacios públicos con el objetivo de mejorar la seguridad y confort de la ciudadanía ha sido el principales actores de cambio tecnológico en la sociedad ya que masifican la utilización de nuevas tecnología logrando una reducción significativa de precio además de presentar de forma masiva las bondades del cambio tecnológico a toda la población.

### 8.3.3 Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica

A continuación se presentará la evolución de la tecnología referente a iluminación. Para lo que se analizará la evolución del número de patentes solicitadas a nivel internacional referentes a las diferentes tecnologías. Se entenderá que una tecnología tiene mayores probabilidades de penetración si el crecimiento del número patentes presenta un incremento a través del tiempo.

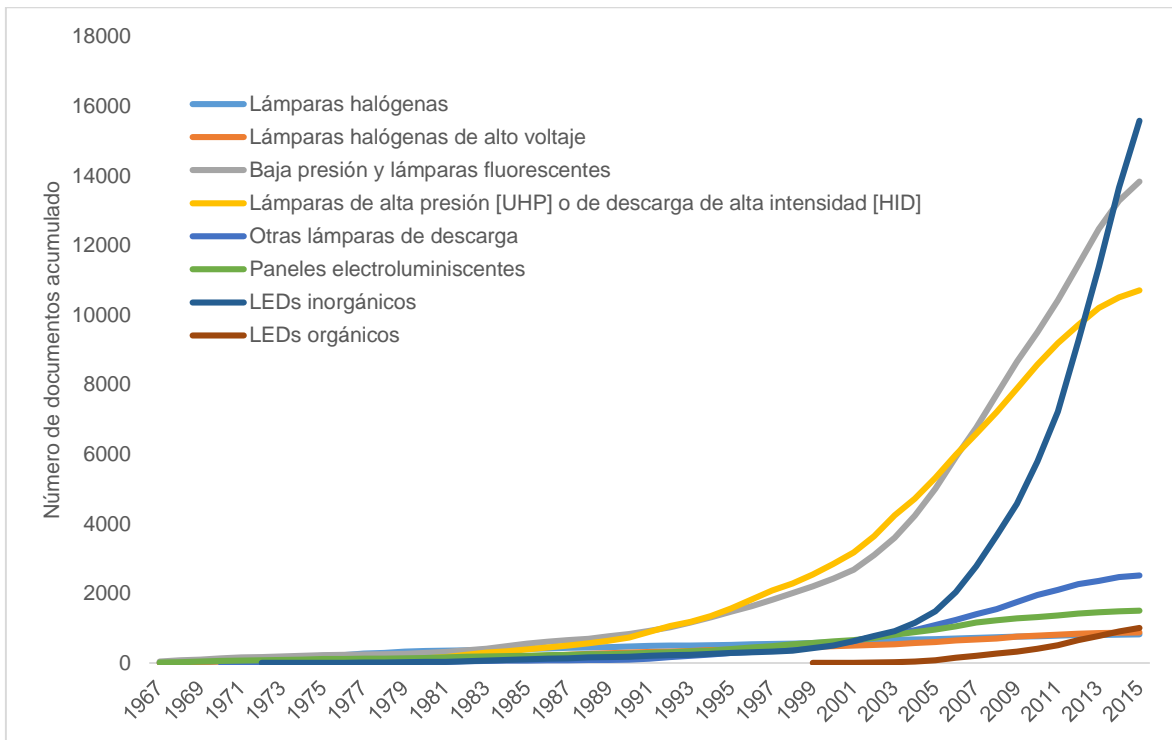


Figura 315 Curvas de tendencia: Tecnología de iluminación  
Fuente: Elaboración propia CIDET

Como se aprecia en la Figura 315 las tecnologías que mayor incremento en el número de patentes solicitadas corresponden a LEDs inorgánicos, lámparas de alta presión [UHP] o de descarga de alta intensidad [HID] y lámparas de baja presión y lámparas fluorescentes. Se aprecia que tecnologías como las lámparas halógenas, las cuales son las más empleadas actualmente, ya no presentan un crecimiento en el número de patentes lo que permite inferir que esta tecnología ha alcanzado su madures tecnológica.

#### 8.3.3.1 Lámparas de baja presión y lámparas fluorescentes

El funcionamiento de las lámparas de descarga de baja presión se obtiene por medio de la excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos (condición de diferencia de potencial). Estas lámparas son emisores de luz que contiene un elemento (mercurio o sodio) que es encendido por un polvo fluorescente (contenido en el interior de la lámpara) y activados por la energía ultravioleta de la descarga.

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas por la consecuencia de una descarga eléctrica de un gas (contiene gas noble y pequeñas cantidades de mercurio) en atmósfera a baja presión, el cual es llamado fenómeno de fluorescencia. Este procedimiento provoca sustancias luminiscentes que están en contacto con los rayos de Ultra Violeta del vapor de mercurio, este contacto generado provoca un espectro de luz visible [138].

#### 8.3.3.2 Lámparas de alta presión [UHP] o de descarga de alta intensidad [HID]

Las lámparas de descarga de alta intensidad producen la luz por medio de una corriente eléctrica localizada entre dos electrodos situados en un tubo lleno de gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas (diferencia de potencial entre los electrodos) que provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Estas lámparas requieren de elementos auxiliares como arrancadores y balastos; para producir una pequeña tensión pico entre los electrodos del tubo necesarios para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Después del encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

El mejoramiento tecnológico en el que se está trabajando actualmente en cuanto a las para de alta presión o de descarga de alta intensidad está asociado a los circuitos de arranque inicial y de arranque en caliente, y la detención de condiciones anómalas en las lámparas. Como se presenta en la grafica

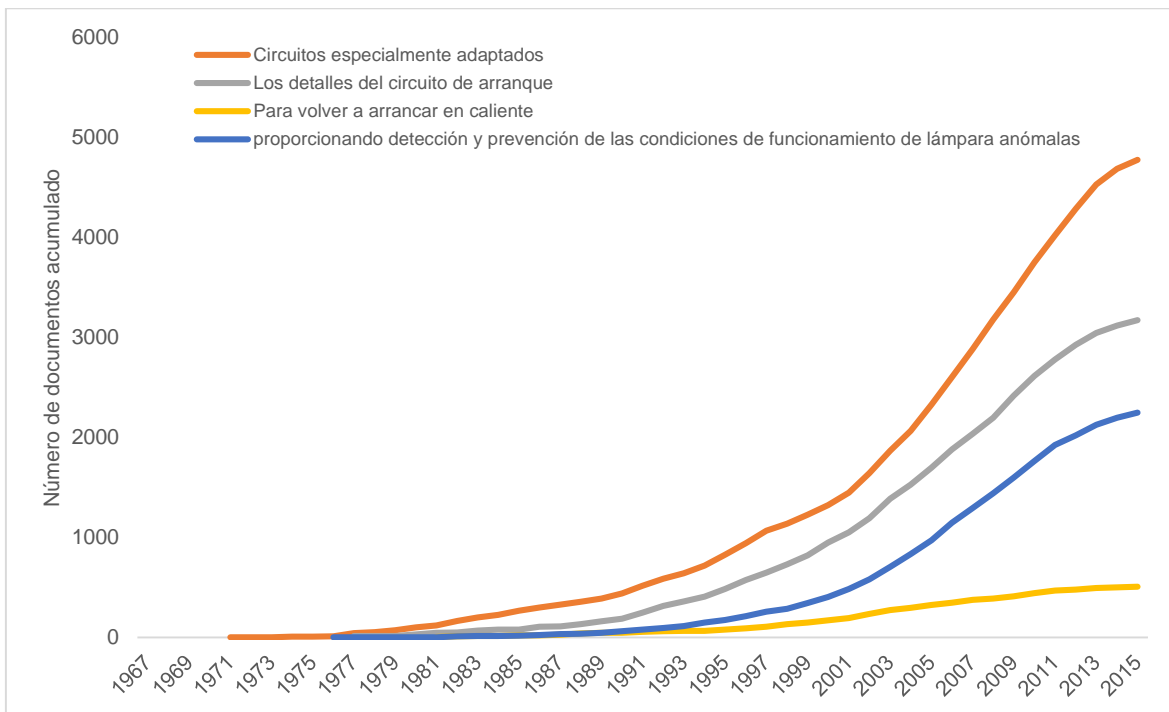


Figura 316 desarrollo en lámparas de alta presión [UHP] o lámparas de alta intensidad  
Fuente: Elaboración propia CIDET

Los LEDs inorgánicos están compuestos de materiales que no contienen componentes con átomos de carbono, en comparación con los LEDs orgánicos, los LEDs inorgánicos son más luminosos, más robustos y de vida más larga, son ultra finos y ultra pequeños.

Este tipo de LEDs permiten ensamblarlos en grandes conjuntos, como los sistemas de alumbrado y de pantallas, interconectándolos usando el procesamiento de película delgada, es posible crear sistemas de alumbrado de uso general y pantallas de alta resolución, con interesantes propiedades, tales como la de permitir ver a través de las estructuras de los edificios, o la de dotar de flexibilidad mecánica a las fuentes de luz.

Su fabricación mediante síntesis por combustión (Ondas de calor que se propagan por sí mismas) pueden engendrar nuevos y mejores materiales inorgánicos que básicamente son óxidos luminiscentes que, al encontrarse en ese estado (forma de óxido), son más estables a diferencia de otros tipos de compuestos basados en nitruros, sulfuros y fosfuros, los cuales pueden ser más contaminantes e inestables al momento de adaptarse a la tecnología de los WLED (White LED o LED blanco) porque necesita realizarse un encapsulado [139].

Estos materiales pueden servir para producir el color rojo, verde o si es un solo material, de una sola banda, el color blanco por medio del fenómeno de luminiscencia. Además, son útiles para lámparas de iluminación que incluyan los tres componentes de color: rojo, verde y azul y de esta manera incrementar su índice de rendimiento de color de igual forma se pueden utilizar en lámparas de

iluminación o para componentes en LED blancos, por ejemplo, la luz blanca de oficina, la luz para estadio; además de aplicaciones en la industria aeronáutica o aeroespacial a diferentes temperaturas entre otros.

Como se puede observar en la Figura 317 los desarrollos tecnológicos en los LEDs inorgánicos se concentran en circuitos de control de las luminarias mediante los cuales se puede obtener un menor rendimiento de los dispositivos, mejorando su potencia y otras características técnicas como temperatura y reproducción del color.

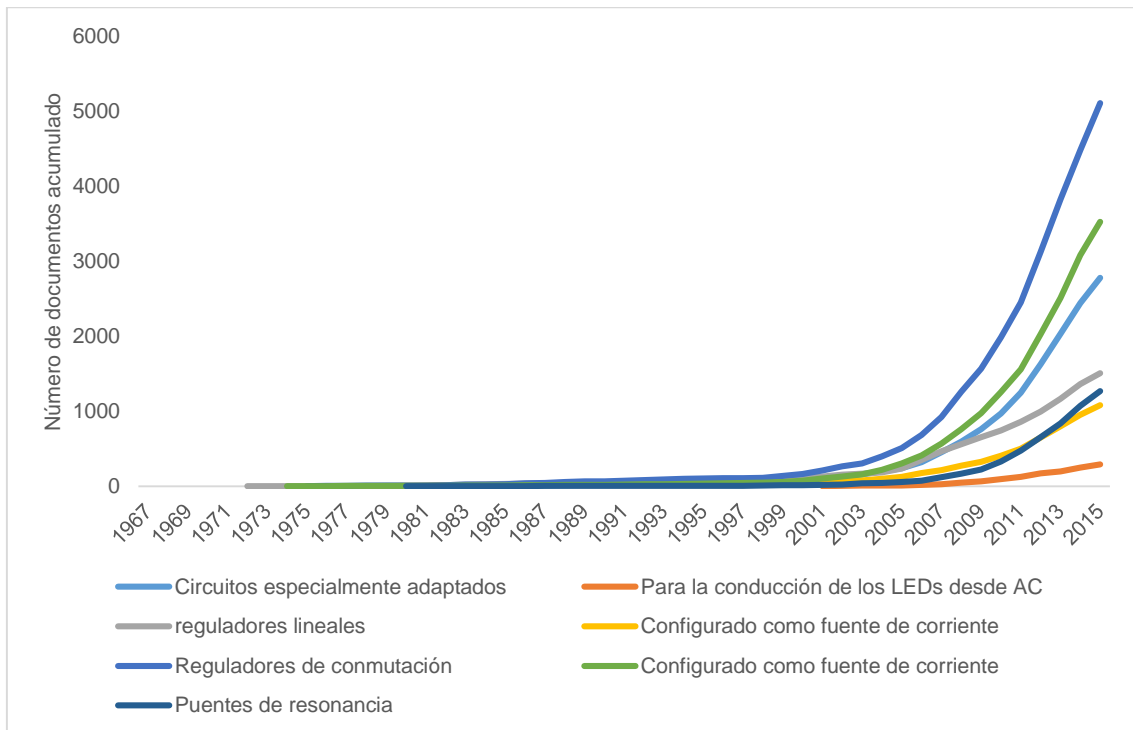


Figura 317 Desarrollo en LEDs inorgánicos  
Fuente: Elaboración propia CIDET

Las anteriores tecnologías se encuentran directamente asociadas al cambio tecnológico desde la oferta, ahora se procederá a analizar la evolución tecnológica asociada a la demanda.

#### 8.3.3.3 Técnicas que reducen el consumo de energía.

Hace referencia a sistemas de iluminación que reducen el gasto energético por medio del uso de sensores que permiten un control de los niveles de iluminación y brillo, estos sensores inteligentes que tienen capacidades de interacción y comunicación con el usuario por medio de una interfaz normalizada (facilita la interacción básica del usuario con el control de la iluminación). En la Figura 318 se muestran las curvas de tendencia de las tecnologías de control de ahorro de energía, donde se evidencia que la mayoría de este tipo de tecnologías se encuentra en crecimiento tardío exceptuando el control al acceso de locales que se encuentra en una etapa de difusión inicial, por lo cual podría inferirse que la mayoría se encuentran disponibles en el mercado.

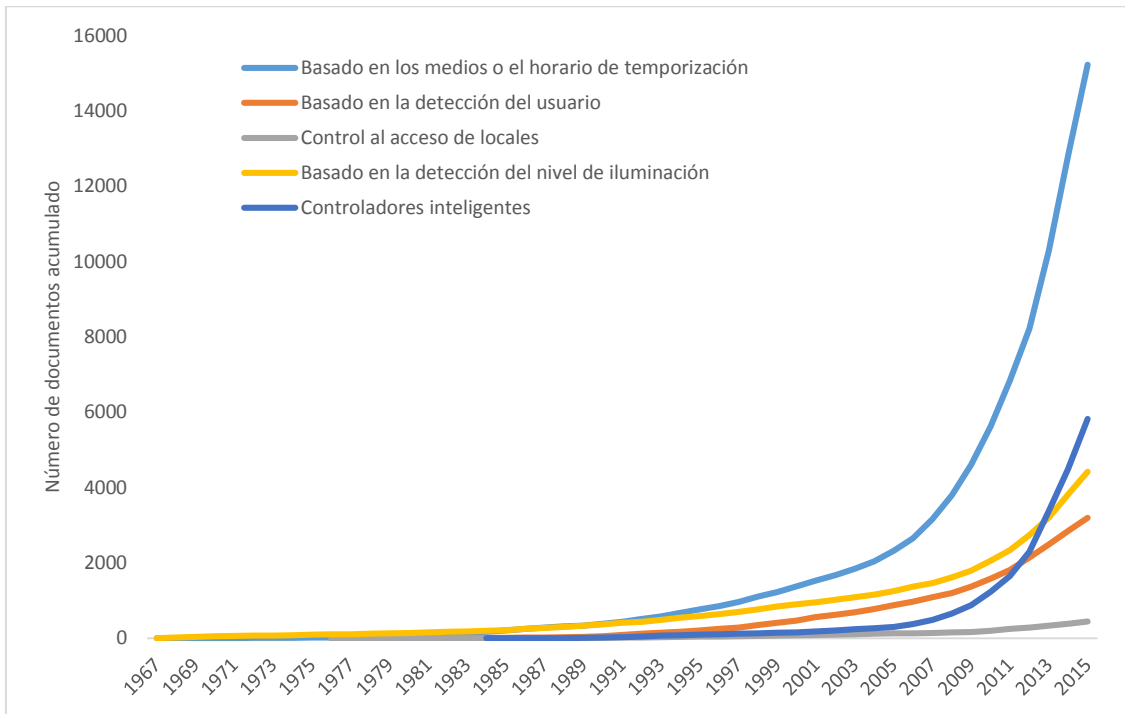


Figura 318 curvas de tendencia: Técnicas de control de ahorro de energía

Fuente: Elaboración propia CIDET

## 8.4 Refrigeración

### 8.4.1 Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional

La refrigeración ha tenido un gran impacto en la industria, el estilo de vida de las personas, la agricultura y nuestros patrones de asentamiento. Hoy en día las ciudades son altamente dependientes de la refrigeración, un ejemplo de ello está en los supermercados y cadenas de frío, que son necesarios para comercializar y distribuir los alimentos diarios en buen estado.

Según historiadores antes del 1000 AC algunas civilizaciones (como los chinos, judíos, indios, egipcios y romanos) utilizaban métodos para enfriar (bebidas principalmente) como por ejemplo por medio de la evaporación (como es el caso del botijo) y la preservación del hielo de estaciones con los que hacían pozos de nieve con material aislante (hierba, paja, ramas) para conservarlo durante largos periodos. [140] Probablemente la primera civilización en usar refrigeración para preservar alimentos fueron los persas alrededor del 400 AC, con estructuras llamadas Yakhchal. [141]

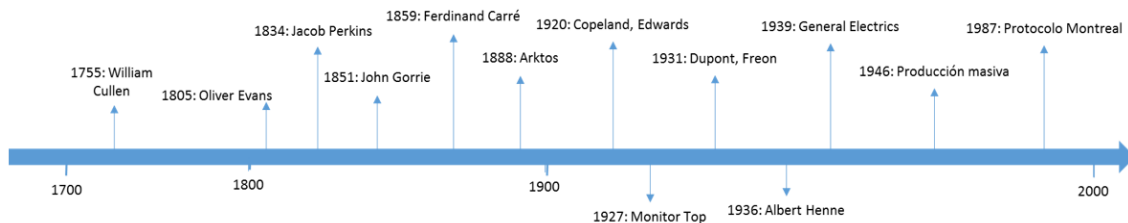


Figura 319 Evolución sistemas de refrigeración  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se enuncian los hitos más importantes encontrados principalmente en métodos y tecnologías para la refrigeración domestica [140]:

- 1755: El profesor escocés William Cullen diseñó una pequeña máquina de refrigeración para la cual utilizó una bomba y así crear un vacío parcial sobre un recipiente de Éter etílico, que luego se hierve, absorbiendo calor del aire circundante. El experimento incluso creó una pequeña cantidad de hielo, pero no tenía ninguna aplicación práctica en ese tiempo.
- 1805: Oliver Evans fue un inventor americano y considerado gran visionario, fue el primero en describir la refrigeración por compresión, y propuso un diseño para una máquina que funcionaba bajo ese principio (pero nunca la construyó). [142]
- 1835: Fue 30 años después de que Oliver Evans diseñara el primer refrigerador, que el inventor Jacob Perkins finalmente la construyó y la patentó bajo el título “aparatos y medio para producir hielo, y en refrigeración de fluidos”. [143]
- 1851: El inventor John Gorrie patenta un proceso mejorado para la producción artificial de hielo. [144]
- 1859: El ingeniero francés Ferdinand Carré patenta el primer refrigerador por absorción, que fue desarrollado inicialmente por su hermano, Edmond Carré usando agua y ácido sulfúrico. Ferdinand continuó el trabajo de su hermano y en 1858 desarrolló un refrigerador que usaba agua como absorbente y amoniaco como refrigerante. Este método fue popular

en los inicios de los años 1900, pero luego fue reemplazado por sistemas que usaban el ciclo de compresión de vapor. [145]

A finales del siglo XIX iniciaron mayores esfuerzos para el desarrollo de refrigeradores domésticos que usaran procesos de refrigeración mecánica, dado que desde el invento en 1804 de la caja de hielo (caja de madera aislada a la que se le ponía hielo encima) se dependía mucho de la disponibilidad de hielo, además de que el control de temperatura era muy limitado. Aún con los avances mencionados anteriormente, sus aplicaciones no pudieron masificarse por lo que la caja de hielo permaneció cerca de 150 años sin modificaciones importantes.

El desarrollo de refrigeradores domésticos fue posible gracias a otros desarrollos en controles automáticos, mejores sellos para los ejes, sistemas de energía alterna y motores de inducción. Los controles automáticos permitieron por ejemplo una debida regulación del flujo de los refrigerantes a través de válvulas de expansión y la posibilidad de cortar el suministro de energía al motor de compresión cuando el espacio alcanzara la temperatura deseada.

Con lo anterior, General Electric introdujo el primer refrigerador doméstico en 1911, seguido de Frigidaire en 1915. En Estados Unidos, Kelvinator lo introdujo en 1918. Hasta ese entonces, los refrigeradores estaban equipados con compresores externos accionados por correas. Fue en 1926 que General Electric introdujo el primer compresor hermético, que reemplazó completamente a los anteriores. El primer refrigerador doméstico de dos temperaturas (congelador y enfriador) fue presentado en 1939.

La producción y distribución masiva de refrigeradores se dio después de la segunda guerra mundial (1946), que creció rápidamente alrededor de todo el mundo.

Los primeros refrigeradores que se utilizaban eran tóxicos, inflamables o tenían un olor nauseabundo. Alrededor de 1930 se desarrollaron los clorofluorocarbonos (CFC) que eran mucho más seguros y estables que sus predecesores, por lo que fueron utilizados por mucho tiempo por ejemplo a través del Freón, desarrollado por Dupont en 1931. El problema de estos CFC es que tienen una gran persistencia en la atmosfera, lo que ha contribuido a la destrucción de la capa de ozono. [146] Por esto, en 1987 se firmó un acuerdo internacional: el Protocolo de Montreal, que prohibió sustancias dañinas a la capa de ozono.

Finalmente, cabe destacar una directriz del Protocolo de Kyoto (1997) referente a sistemas de refrigeración: hoy en día se hace necesario un mayor rigor en la investigación de sistemas más eficientes, dado que los existentes usan una gran cantidad de energía y por lo tanto contribuyen directa o indirectamente al calentamiento global.

#### 8.4.2 Evolución histórica de la tecnología en Colombia

Según un recuento histórico realizado por el Dr. Gabriel Poveda Ramos [147], los principales sucesos alrededor de la historia de la refrigeración en Colombia se dieron como sigue:

En la década de 1890 se establecieron pequeñas fábricas de hielo para usos domésticos y para enfriar bebidas. En ese entonces, eran desconocidos en Colombia los medios mecánicos existentes para producir hielo, pero en esta década, la tecnología fue introducida por iniciativa de empresarios y técnicos extranjeros que vivían en Barranquilla, Cartagena, y Honda. Esta innovación abrió en el

país las posibilidades de tener instalaciones refrigeradas en industrias como cervezas, gaseosas, alimentos, etc. Una de esas fábricas fue establecida en Barranquilla por el empresario canadiense John Glenn, otra fue establecida en Honda por el médico francés Alberto Plot.

Entre 1895 y 1900 empieza a utilizarse la refrigeración mecánica industrial en algunas fábricas de hielo, bebidas gaseosas y cervezas, en Bogotá y Barranquilla. La iniciativa de traer esta tecnología fue de empresarios particulares, industriales, comerciantes y hoteleros, incluyendo probablemente a varios extranjeros radicados en el país.

Desde ese entonces, esta tecnología siguió propagándose hacia otras ciudades y actividades (como por ejemplo hoteles). Estas primeras instalaciones eran movidas por máquinas de vapor o por motores eléctricos.

En la década de 1930 comienzan a entrar al país los primeros refrigeradores domésticos para uso en los hogares, los cuales eran accionados por electricidad. Los móviles que permitieron la aplicación de esta tecnología fueron la electrificación creciente de esa época, y el mejoramiento del ingreso de los estratos altos y medios de la sociedad.

Este electrodoméstico fue desarrollado en Estados Unidos en 1913, por lo que era un invento relativamente nuevo para entrar al país, y en ese entonces era un privilegio costoso que solo hogares muy adinerados podían adquirir.

Entre 1955 y 1958 inició la fabricación de refrigeradores eléctricos. En este periodo una empresa en Bogotá (J. Glottman) y otra en Medellín (Haceb) empiezan a instalar plantas para construir, por primera vez en el país, refrigeradores y estufas eléctricas. Por esta época había una creciente demanda de estos electrodomésticos, además de estímulos arancelarios para construirlos en el país (Reforma del Arancel de 1951). El know-how para construir estos artículos se obtuvo mediante ingeniería inversa sobre modelos y prototipos importados.

En Haceb inició la producción de neveras totalmente porcelanizadas en 1966 [148], su éxito fue tan grande que los llevó a la construcción de una planta con sistemas especializados dedicado a la fabricación de este electrodoméstico en 1984.

En 1998, Industrias Haceb presentó la línea de refrigeración comercial: congeladores, refrigeradores y dispensadores de bebidas, que ayudaría al crecimiento y mejoramiento de la competitividad en diferentes sectores de la economía, especialmente los relacionados a comercio y servicios.

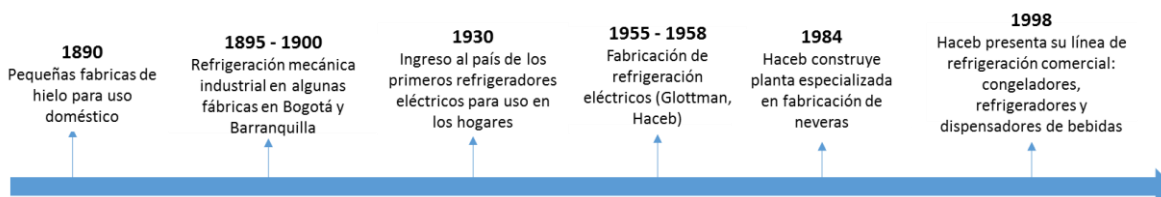


Figura 320. Línea de tiempo de uso de refrigeración en Colombia

Fuente: Elaboración propia



### 8.4.3 Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica

En la vigilancia tecnológica realizada por el CIDET [149] se identifican tendencias de dispositivos asociados a máquinas de refrigeración (Ver Figura 321) y otros No asociados a máquinas de refrigeración (Ver Figura 322). Sus categorías y desagregación se presentan a continuación:

#### 8.4.3.1 Dispositivos asociados con máquinas de refrigeración

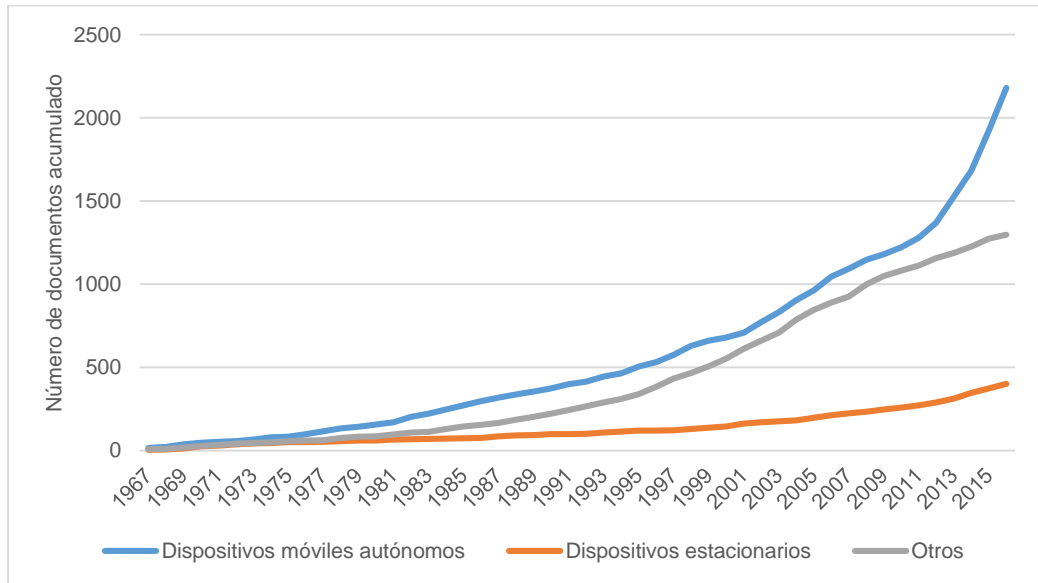


Figura 321. Curva de Tendencia: Dispositivos asociados con máquinas de refrigeración  
Fuente: Informe CIDET vigilancia tecnológica [149]

De las categorías presentadas en los dispositivos asociados con máquinas de refrigeración, Los dispositivos móviles autónomos (de la curva más alta en los últimos años, según la Figura 321) se componen a su vez de los siguientes elementos: i) contenedores de transporte, que son contenedores portátiles pequeños para ser transportados y conectados al sistema eléctrico de la casa o automóvil, ii) los dispositivos con acumuladores de almacenamiento en frío y iii) dispositivos con acumuladores a diferentes temperaturas (unidad central con diferentes módulos de diferente capacidad y temperatura).

Por su parte, los dispositivos estacionarios se refieren principalmente a criogenización, especialmente con cintas transportadoras donde se alojan los materiales a enfriar rodeados de un gas criogénico en circulación. Y la última categoría “Otros” que son esencialmente a sistemas de refrigeración por compresión de vapor o líquidos con sistemas que permiten enfriar, desinfectar y desodorizar cualquier contenedor.

Además de los anteriores, también se presentan curvas de crecimiento importantes de otros arreglos para la circulación de fluidos de refrigeración y arreglos con unidades de refrigeración con respecto a contenedores móviles y estructuras de acoplamiento térmica o interfaz.

### 8.4.3.2 Dispositivos No asociados con máquinas de refrigeración

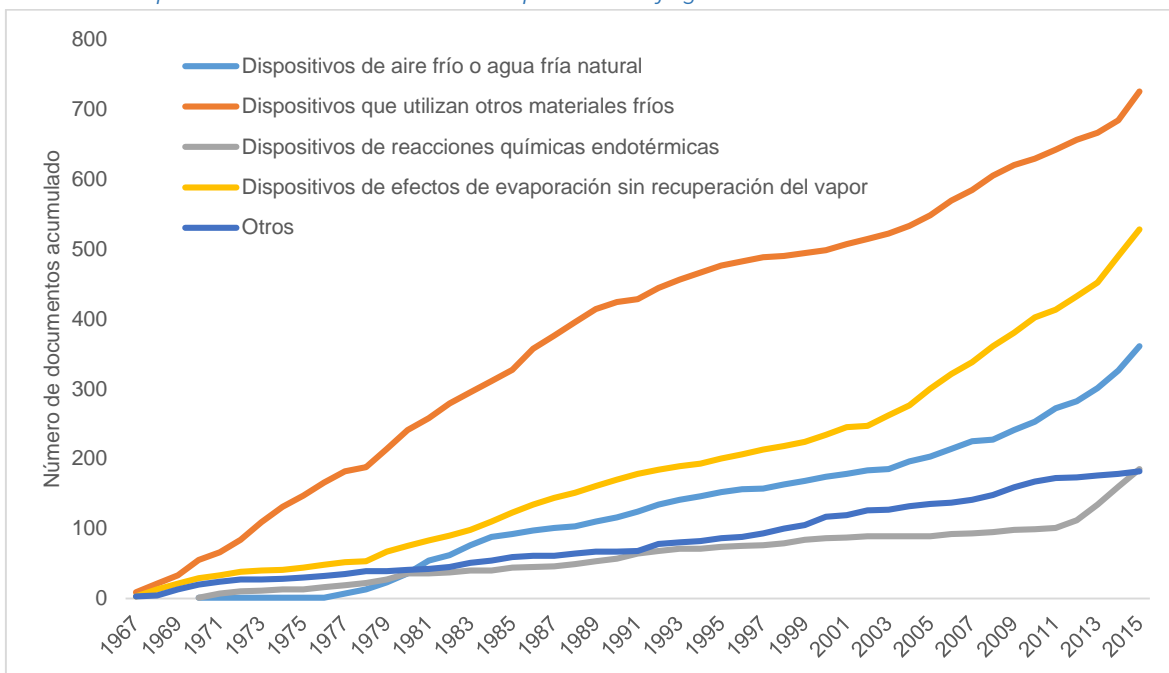


Figura 322. Curva de Tendencia: Dispositivos No asociados con máquinas de refrigeración

Fuente: Informe CIDET vigilancia tecnológica [149]

De las categorías de los dispositivos no asociados con máquinas de refrigeración, la curva más alta corresponde a dispositivos que utilizan otros materiales fríos, principalmente gas licuado, gas solidificado, hielo, y otros combinados con intercambiadores de calor. Seguido, encontramos las curvas de tendencia de los dispositivos de efectos de evaporación sin recuperación del vapor, los dispositivos de aire frío o agua fría natural, la categoría “otros” que incluye aplicaciones con hidrocarburos halogenados fluorados, y la curva más baja, aunque con un leve crecimiento desde 2012, que corresponde a dispositivos de reacciones químicas endotérmicas, que funcionan cuando ciertos productos químicos se disuelven en agua para absorber energía y enfriar el líquido.

## 8.5 Acondicionamiento de aire

### 8.5.1 Evolución histórica de la tecnología a nivel internacional

El acondicionamiento de aire es un sistema ampliamente utilizado en el sector residencial, industrial y comercial, cuyo objetivo es establecer condiciones ambientales; en términos de temperatura, humedad relativa, movimientos y limpieza del aire; de un espacio o recinto de acuerdo a las necesidades, deseos de confort o limpieza requeridos. Su implementación involucra equipos con altos consumos de energéticos y materiales de fabricación que implican riesgos ambientales, razón por la que se hace necesario una implementación consciente y responsable que permitan lograr eficiencias en su funcionamiento [150].

El acondicionamiento de aire funciona con base en el enfriamiento de un fluido, agua o aire, realizado a través de un refrigerante. Esta actividad se hace para realizar el intercambio de temperatura entre el recinto cerrando y el ambiente, manipulando cuatro variables fundamentales: temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire. Los componentes que integran el sistema de aire acondicionado son: compresor, evaporador, condensador y órgano de laminación [151]. El principio de funcionamiento del sistema se muestra en la siguiente imagen.

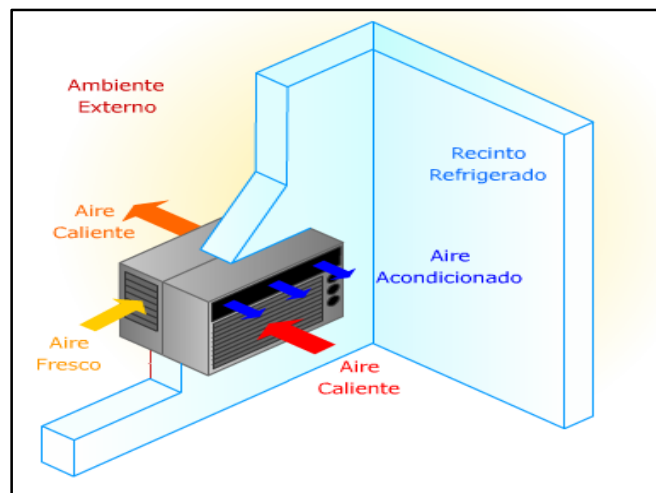


Figura 323 Acondicionamiento de Aire en un Recinto  
Fuente: [150]

La necesidad de establecer condiciones ambientales no es nueva. La historia menciona acciones que se llevaban a cabo en antigüedad, específicamente en Egipto, donde los esclavos tenían que cargar piedras con pesos superiores a mil toneladas que eran parte del palacio del faraón, para llevarlas al Desierto del Sahara y que durante la noche redujeran notablemente su temperatura para ser regresadas nuevamente en la mañana siguiente. Esta actividad permitía que la temperatura del templo estuviera alrededor de los 26°celsius durante el día, aproximadamente la mitad de la temperatura exterior [152]. Pero es solo hasta el año 1840 cuando el físico e inventor John Gorrie propuso la idea de lograr ciudades frescas teniendo en cuentas las condiciones ambientales de la región cuando en verano se alcanzaban altas temperaturas. Gorrie pensaba que controlar la temperatura era la clave para controlar enfermedades como la malaria, además de promover el confort a los pacientes [153]. Fue solo hasta 1851 cuando Gorrie logra una patente por la creación

de una máquina para producir hielo usando un compresor, agua, dirección del aire o vapor, convirtiéndose en parte de los fundamentos del acondicionamiento de aire.

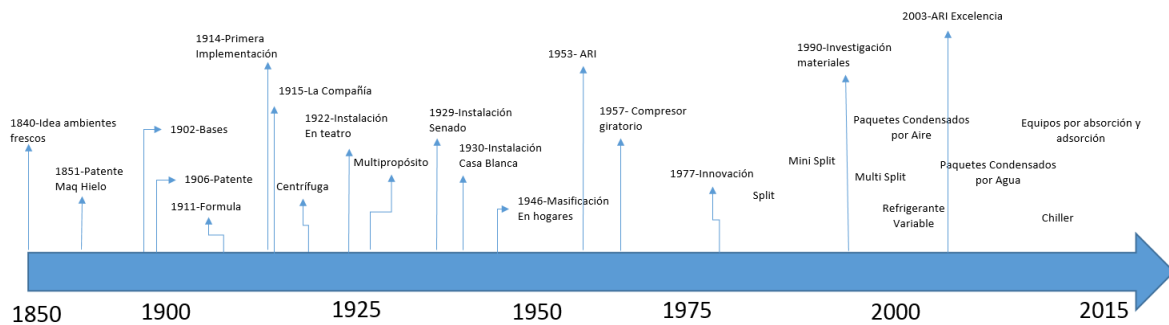


Figura 324 Evolución tecnológica de los sistemas de acondicionamiento de aire  
Fuente: Elaboración propia

La verdadera revolución de esta tecnología se logra en 1902 cuando el ingeniero e inventor Willis Carrier ayuda a un empresario en New York a controlar la humedad en su taller de impresión, ya que los niveles de humedad dificultaban la correcta adherencia de las tintas y generaba problemas en la precisión de las imágenes. Luego de una serie de experimentos, en 1906 logra patentar el primer “Aparato para tratar el aire”. A partir de 1914 se comienza a instalar la tecnología en diferentes escenarios, siendo una mansión en Minneapolis la primera implementación por un costo aproximado de \$10.000 USD [154]. Para 1915 se constituye la compañía Carrier para la instalación de Aries Acondicionados, dando paso a una serie de sucesos.

1921- Se desarrolla la máquina de refrigeración centrífuga

1922 – Se instala el primer aire acondicionado en el teatro Grauman's Metropolitan Theatre en los Angeles

1928 – se desarrolla un equipo multipropósito (enfriar, calentar, limpiar y circular el aire)

1929 – Se instala aire acondicionado en el senado de Estados Unidos

1930 – Se instala aire acondicionado en la Casa Blanca

1946 - Después de la segunda guerra mundial se comienza a masificar el uso de unidades de aire acondicionado en los hogares, con una producción anual cercana a las 300.000 unidades

1953 – Se forma el Instituto de Aire Acondicionado y Refrigeración (A.R.I por sus siglas en inglés) integrado por dos organizaciones: the Refrigeration Equipment Manufacturers Association and the Air-Conditioning and Refrigerating Machinery Association.

1957 - Se introduce el primer compresor giratorio lo que permite que los equipos tengan un menor tamaño, menos ruidosos y más eficientes.

1977 – Se comienza a innovar en nuevas tecnologías para incrementar la eficiencia de los sistemas refrigerantes, entre ellas se logran desarrollar: Split, Multi Split, mini Split, Refrigerante Variable, Paquetes Condensados por Aire

1990 – ARI, junto con el departamento de energía de los EU, inician el programa de investigación de compatibilidad de materiales lubricantes.

2003 - ARI celebra 50 años de excelencia industrial

2004 – El departamento de energía de los EU se propone hacer cumplir 13 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) que es para medir la eficiencia de aires acondicionados

El avance en la tecnología para los últimos años busca la eficiencia de los sistemas, razón por la cual se busca guardar temperatura en fluidos para usarse según las necesidades y requerimientos de los recintos. Este es caso de los Chiller o enfriadores de agua, que es una tecnología que busca acumular temperatura en este fluido para usarla cuando se necesita sin la necesidad de activar nuevamente la planta. También se comienza a hablar de tecnologías verdes para acondicionar el aire (absorción, adsorción) [155]

### 8.5.2 Evolución histórica de la tecnología en Colombia

El crecimiento de los sistemas de aire acondicionado en Colombia posee una relación cercana con el sector de la construcción; debido a que las edificaciones nuevas requieren de estos sistemas para el control de las temperaturas y la renovación del aire. De igual manera, el crecimiento de los sistemas de aire acondicionado se encuentra relacionado con las regulaciones de sectores como el farmacéutico y el industrial, asociados a las exigencias de tener áreas con temperaturas controladas y al manejo de la humedad presente en el ambiente, cumpliendo con los requerimientos estatales y ambientales.

Inicialmente, las tecnologías de aire acondicionado eran considerados como elementos de lujo, sin embargo, hoy en día han pasado de ser elementos de lujo a convertirse en productos necesarios para el confort de personas y conservación de espacios con condiciones ambientales controladas, por lo que hoy en día con productos de gran consumo energético cada vez más demandados.

Estos sistemas, se desarrollaron inicialmente en la ciudad de Barranquilla, hacia la década de 1940, sin embargo, su implementación tuvo poca aceptación por la creencia de la población a que el frío causaba tisis; además de que los bancos y almacenes podían operar a puertas cerradas. Por otra parte, los teatros, en donde se inició su uso en el mundo, eran áreas de gran tamaño a cielo abierto. A pesar de estas variables, su implementación no tardó mucho tiempo en expandirse, debido a los avances realizados en la tecnología por parte de Estados Unidos y al desarrollo en paralelo de novedosos diseños arquitectónicos [156].

En la década de 1950, es donde se da realmente la iniciación tecnológica de sistemas de aire acondicionado en Bogotá, con la fundación de empresas como Interamericana, con la representación de Carrier, J Glottman S.A., con Worthington y Urigar, los cuales realizaron obras como el Hotel Tequendama, el edificio de Seguros Bolívar, el Banco de Colombia, teatros y hoteles en la costa atlántica, entre otros. Estas empresas trajeron ingenieros especializados que favorecieron el desarrollo de las tecnologías de aire acondicionado en Colombia, sumado posteriormente a la formación de ingenieros colombianos en el exterior, especialmente en Estados Unidos [156].

En los años sesenta, la implementación de estos sistemas se dio principalmente en el sector bancario. Destacándose el proyecto de la construcción del Banco de la República en Bogotá. El crecimiento en las instalaciones de aire acondicionado en el sector bancario se dio principalmente por la competitividad que presentaban estas instituciones por tener la mejor infraestructura de la ciudad, de estilo monumental, y ser líderes en la prestación de los servicios.

El uso del aire acondicionado en la industria se presentó en la década de 1970, donde se formaron numerosas empresas, como por ejemplo: los hermanos Faccini, Nicolás Kominos, Gamko Ingenieros, Técnica Colombiana, Ingemel, entre otras, principalmente en Bogotá. En la ciudad de Barranquilla se fundaron Moseres y Páramos.

En el año de 1981 se establece la Asociación Colombiana del Acondicionamiento del Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración, cuya misión es: “Generar desarrollo social a través de la prestación de servicios relacionados con el área de la ingeniería del acondicionamiento de aire, la refrigeración y la ventilación a los diferentes sectores productivos de Colombia y el exterior, de acuerdo con normas nacionales e internacionales, mediante excelente formación y capacitación del recurso humano”. De esta manera permite a los afiliados contar con información pertinente de nuevas tecnologías, aplicaciones y oportunidades de capacitación tanto del personal técnico como profesional de las compañías. A esta asociación pertenecen la mayoría de empresas que se encuentran involucradas en el sector –ya sea como fabricantes, distribuidoras, proveedoras o afines–, lo que permite tener una perspectiva general de las empresas que lo conforman [157].

Algunos sistemas de aire acondicionado funcionan con un gas refrigerante denominado clorofluorocarbonados –CFC. Hacia el año 1989 Colombia prohíbe la utilización de aerosoles comerciales con base en CFC usados en sistemas de aire acondicionado en el sector industrial.

En el año 1992 Colombia comenzó a hacer parte del protocolo de Montreal, en donde se indica que los países no industrializados (enmarcados en el Artículo 5 del Protocolo) deben eliminar el 50 % de CFC en el 2005, el 85% en el 2007 y el 100% en el 2010. Para el año 2002 Colombia ha reducido un poco más del 50% de su línea base correspondiente al grupo de aires acondicionados que contienen como gas refrigerante CFC [158].

Para el año 2006, se tuvo un crecimiento de la inversión de sistemas de aire acondicionado, debido al aumento de los proyectos de construcción, de igual forma se observó una mayor inversión en grandes superficies (súper e hipermercados), así como un mayor desarrollo en el aire acondicionado para sistemas de transporte.

En el año 2007 la implementación de sistemas de aire acondicionado presenta un pico significativo debido, en gran parte, a la recuperación del sector de la construcción, que desencadenó en un gran número de proyectos de vivienda, centros comerciales, supermercados y demás construcciones que son clientes directos del sector de aire acondicionado [157].

Para el año 2015 se lanza el RETIQ – Reglamento Técnico de Etiquetado, el cual fomenta el uso racional y la eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración. De igual manera, se promueve que se reflejen las condiciones de equipos y a la vez estimula la

actualización tecnológica en la industria y el comercio, así como una mayor participación en el mercado de sistemas de aire acondicionado eficientes [159].

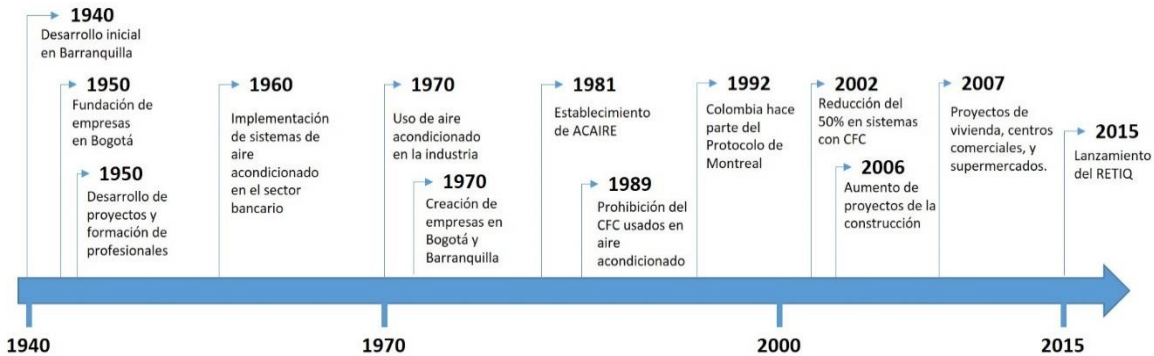


Figura 325 Línea de tiempo de uso de sistemas de aire acondicionado en Colombia  
Fuente: Elaboración propia

### 8.5.3 Prospectiva de cambio tecnológico de acuerdo a ejercicio de vigilancia tecnológica

La Figura 326 presenta las tendencias tecnológicas en cuando a los sistemas de acondicionamiento de espacios. Se observa como el consumo energético de los dispositivos de aire acondicionado se ve influenciado por las condiciones del entorno en que se encuentran inmersos los espacios de trabajo. Así, es posible aprovechar estas condiciones para minimizar el consumo de los dispositivos, a partir de la gestión eficiente de los gradientes de temperatura, y circulación de fluidos.

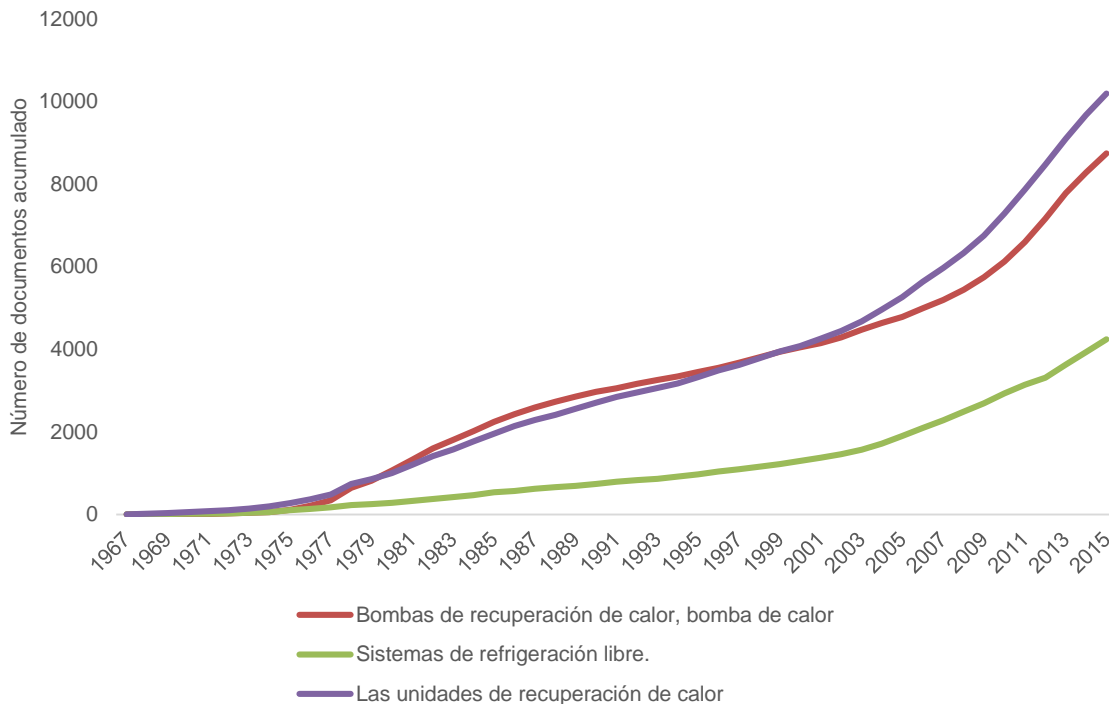


Figura 326 Curva de Tendencia: Sistemas beneficiándose de condiciones externas/internas

Fuente: Elaboración propia

Las bombas de recuperación de calor hacen referencia a mecanismos que incorporan al menos un sistema de calefacción para calentar fluidos por medio de la condensación de gases y a provechar el calor generado por estos, en este ciclo se consigue aprovechar la energía de otros procesos [160].

- *Sistemas de refrigeración libre*

Por otra parte, los sistemas de refrigeración libre son sistemas que aprovechan las condiciones del entorno para refrigerar el espacio requerido. Existen varias tendencias tecnológicas para conseguirlo; sin embargo, la más utilizada es la refrigeración con control de punto de rocío y humidificadores directos, como se puede observar en la Figura 327. Estas últimas tecnologías mencionadas hacen referencia a dispositivos que refrigeran aire mediante la evaporación de agua, lo que se denomina refrigeración por evaporación o humidificadores directos que emplean el rocío; es decir, agua atomizada a muy baja temperatura para enfriar los productos permitiendo su almacenamiento y transporte [161].

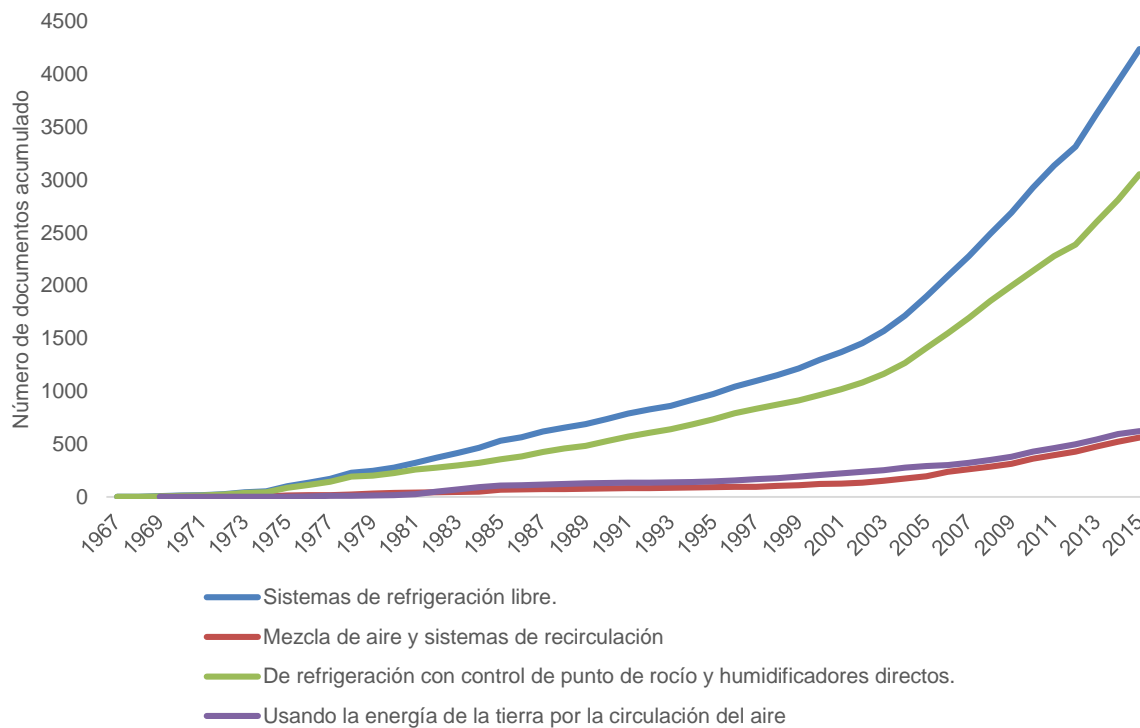


Figura 327 Curva de Tendencia: Sistemas de refrigeración libre

Fuente: Elaboración propia

- *Unidades de recuperación de calor*

Observando las unidades de recuperación de calor, estas hacen referencia a los dispositivos diseñados para recuperar el calor de otros procesos naturales o artificiales, que de otra forma dicha energía sería desperdiciada, los sistemas más usados son las unidades de recuperación de calor aire-aire, como se muestra en la Figura 328. Los sistemas aire a aire, son sistemas de aire acondicionado



de ventilación con recuperación de calor, que permiten regular la temperatura y la humedad del aire en espacios cerrados por medio de un intercambiador de calor de tipo contra flujo- flujo de calor, entre la entrada y de salida del flujo de aire. El recuperador de calor permite una eficaz renovación del aire interior sin derrochar el calor del aire interior [162]. De otra parte, los sistemas agua – agua, hacen referencia a dispositivos que permiten la recuperación de calor tomado de una corriente de agua residual o subterránea y se lo cede al sistema de calefacción para calentar agua [163].

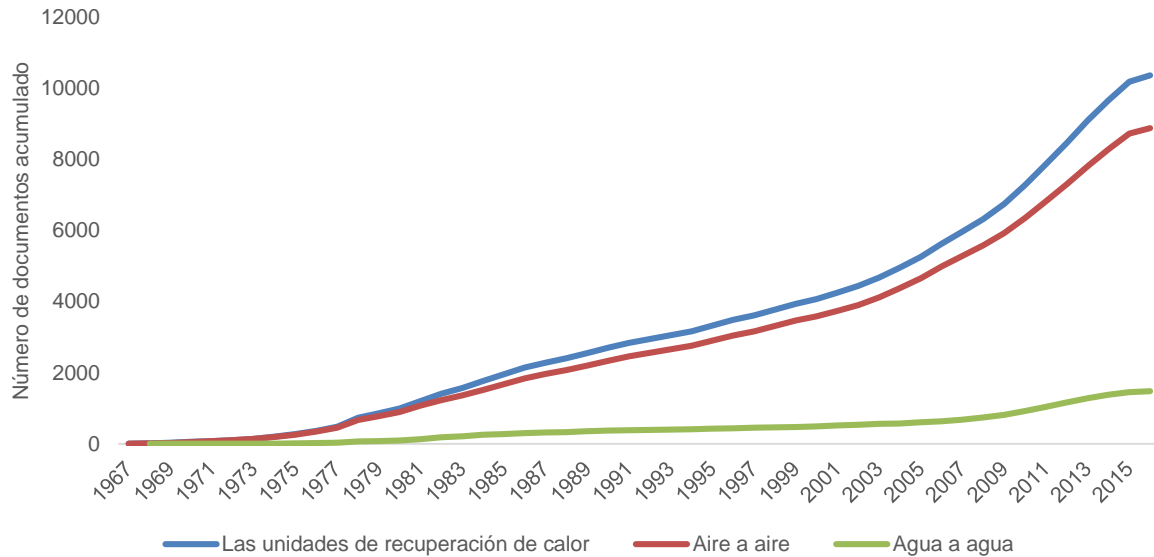


Figura 328 Curva de Tendencia: Unidades de recuperación de calor

Fuente: Elaboración propia

Además de las tecnologías mencionadas anteriormente, existen otras tendencias tecnológicas que pueden tener un impacto significativo en el consumo energético de los aires acondicionados como los sistemas de absorción, adsorción y enfriamiento magnético, cuyas curvas de tendencia se muestran en la Figura 329. Los sistemas basados en la absorción se encuentran en crecimiento tardío, mientras que los sistemas basados en adsorción y el enfriamiento magnético se encuentran entrando a la etapa de crecimiento inicial.

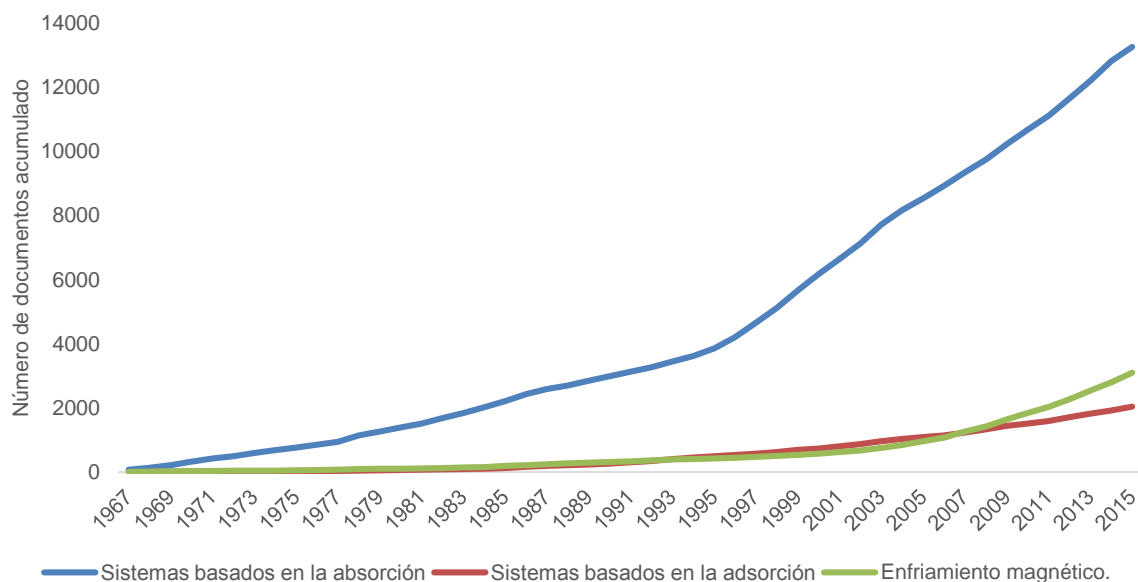


Figura 329 Curva de Tendencia: Otras tecnologías para la calefacción o refrigeración

Fuente: Elaboración propia

Los sistemas basados en la absorción se tratan de una máquina plana o un sistema en particular caracterizado por tener más de una fuente de energía; estas pueden estar impulsados por diferentes ciclos de trabajo y estar acoplados térmicamente mediante calor residual del otro proceso [164].

Consecuentemente, los dispositivos basados en la adsorción tienen como principio de funcionamiento similar al de un sistema de absorción, pero usando el método de adsorción, fenómeno por el cual un sólido o un líquido atrae y retiene en su superficie gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos, eliminando la carga de calor del ambiente [165].

Por otra parte, la tecnología de enfriamiento magnético tiene la característica de aprovechar el efecto magnetocalórico, para reemplazar los procesos de compresión y expansión de los sistemas convencionales por procesos de magnetización y desmagnetización de un material [166].

En estos sistemas, la transferencia de calor se produce cuando cambia el campo magnético aplicado sobre el material magneto ferroso como el níquel, magnesio, titanio, aluminio y el cobalto, en un proceso en el que la presión permanece constante [166].

- *Sistemas de control*

Además de tecnologías emergentes que puedan impactar el consumo energético, también se encuentran los sistemas de control, los cuales pueden reducir el consumo energético de los dispositivos de aire acondicionado, mediante el correcto control de cada una de sus partes, debido a que el uso ineficiente y sin un control que optimice los recursos, genera grandes desperdicios en este tipo de dispositivos. Uno de los grandes potenciales para reducir el consumo energético se encuentra en el motor de estos dispositivos, por lo cual se ha generado un número considerable de desarrollos para su control. Otras tendencias más recientes para el control del consumo energético

es el control centralizado de los dispositivos, el control de flujo de refrigerante y adaptación a la carga como se observa en la Figura 330.

El control de flujo refrigerante eléctrico o electrónico, se refiere a válvulas de expansión que se abren o cierran eléctricamente en función de ciclo, que pueden estar controladas por sistemas de medición para un control de flujo de líquido de refrigeración por medio de válvulas o bombas [167].

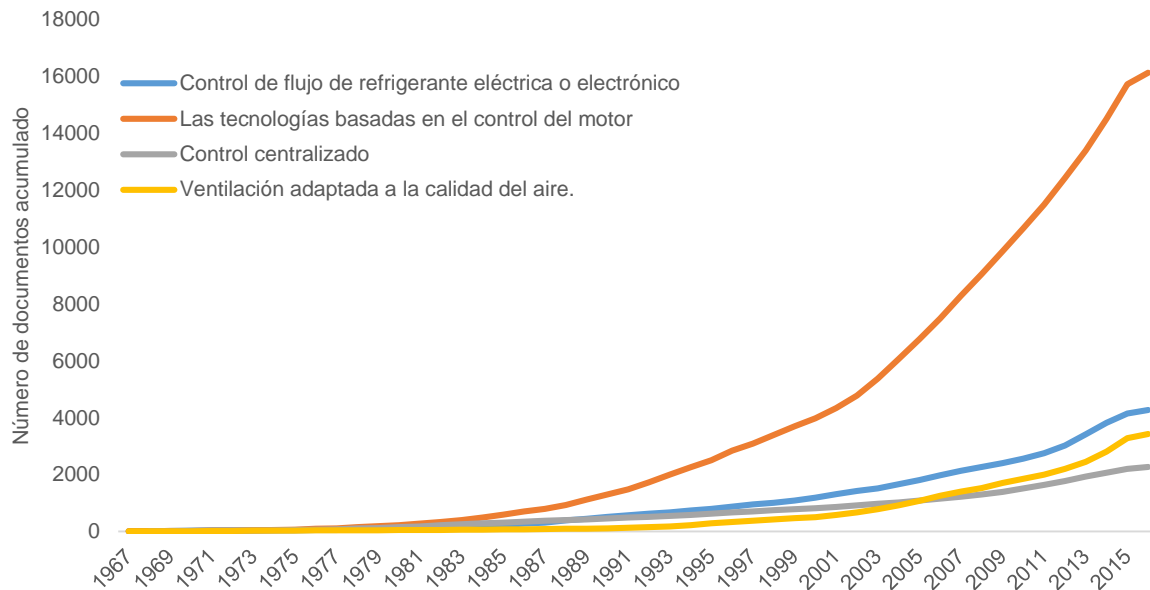


Figura 330 Curva de Tendencia: Control eficiente o regulación de tecnologías

Fuente: Elaboración propia

- *Control del motor*

En cuanto a las tecnologías basadas en el control del motor, se pueden encontrar diversos dispositivos que pueden ayudar a este fin. La Figura 331 se pueden observar las curvas de tendencia para los diferentes tipos de control de los dispositivos de aire acondicionado, principalmente en las tendencias asociadas con el control de velocidad del compresor y de los ventiladores.

La regulación de velocidad del compresor está comprendida por un sistema de refrigeración que tiene un compresor accionado por un motor de velocidad variable, lo que permite lograr una comodidad eficiente y óptimo control de la velocidad de las bombas de calor y aire acondicionado [168].

En menor medida se encuentra el control de presión de condensación, los cuales son sistemas empleados para el control de partes relacionadas como el compresor con los sistemas de calefacción en general como aire acondicionado, bombas de calor y equipos de refrigeración que permiten una comodidad y habitabilidad humana en el edificio o recinto [169]. Por otra parte, la regulación de velocidad de ventiladores en los sistemas de control de flujo, comprende un sistema de control HVAC o climatización interactiva que controla diversos componentes de la climatización y circuitos

caracterizados por sus entradas de ambiente que proporciona un control de flujo de aire en un recinto o ambiente con equilibrio y eficiente [170]. Finalmente, la regulación de la velocidad de las bombas en sistemas de control de flujo., permiten un control adecuado de la velocidad y cantidad de calor en el circuito de una bomba de calor hacia sistemas habitables y en particular para elementos que componen un sistema de calefacción [171].

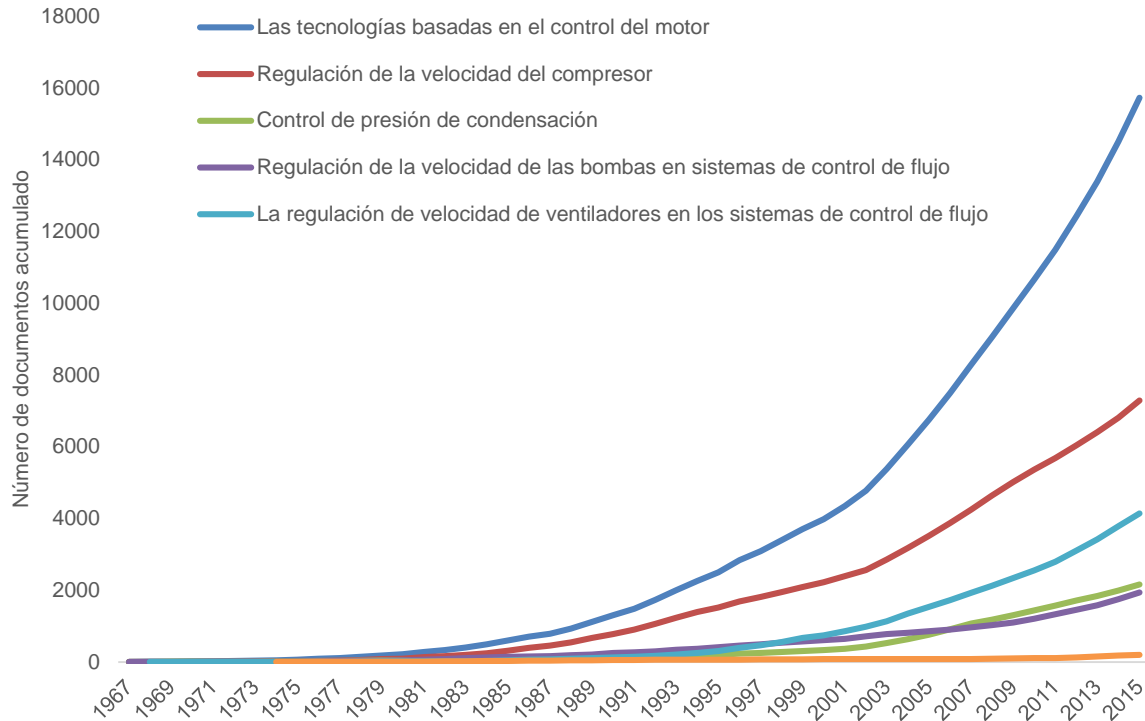


Figura 331 Curva de Tendencia: Tecnologías basadas en el control del motor

Fuente: Elaboración propia

- **Control centralizado**

El control centralizado por su parte, al igual que las tecnologías de control del motor, posee diferentes maneras de hacer este control. En la Figura 332 se pueden observar las curvas de tendencia en cada una de las modalidades en acondicionamiento de espacios.

La distribución sistemas de aire, consiste en la auto configuración de una red de control para el medio ambiente del recinto o instalación donde se obtendrá una gestión de flujo de aire para refrigerar un área, y así obtener un medio ambiente controlado con aire acondicionado, de tal manera que se consigan condiciones adecuadas térmicamente para la ocupación humana.

Finalmente, se encuentra también la tecnología de doble fachada, la cual consiste en la reducción de la carga al aire acondicionado a partir de la mejora de las condiciones termodinámicas y de ventilación de los locales o instalaciones.

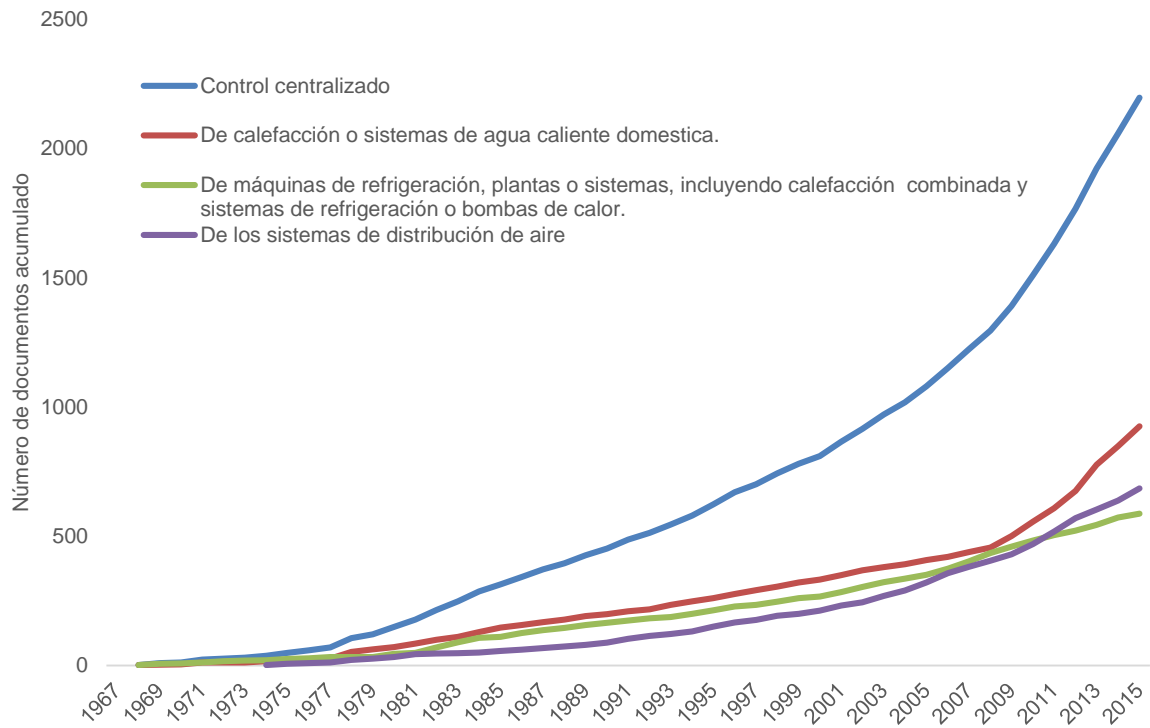


Figura 332 Curva de Tendencia: Control Centralizado

Fuente: Elaboración propia

## 9 Análisis Delphi prospectiva de cambio tecnológico en los diferentes sectores

---

### 9.1 Memorias reuniones realizadas con expertos nacionales

#### 9.1.1 Reunión Terpel\_GNV

Por Terpel participaron de la reunión los señores Santiago Mejía y Efraín Muñoz. Aspectos relacionados con la evolución del mercado de combustibles para el sector transporte fueron analizados. Varias de las conclusiones obtenidas se resumen a continuación.

El gas natural Vehicular comienza a ser aprovechado al terminar la segunda guerra mundial por Italia. Países latinoamericanos como Argentina han promovido el desarrollo del mercado a partir de políticas de estado logrando una competitividad cercana al 70% con un 20% de vehículos convertidos a Gas natural. Uno de los aspectos por los cuales se ha impulsado el uso de este combustible está relacionado con su mayor calidad en la combustión que se ve reflejado en una disminución del impacto ambiental.

A nivel nacional Gazel fue pionera en el mercado desde 1986. Diferentes iniciativas privadas de grandes empresas de la cadena de gas nacieron como resultado del déficit en los créditos de conversión con las instituciones financieras. Así empresas como Terpel, que actualmente cuenta con 750 estaciones de servicio, comenzaron a financiar el costo de conversión a través de el reaprovisionamiento de combustible en las estaciones de servicio. Con esta medida se llegó a tener un ahorro de hasta el 55%. Esto se dio hasta 2009 cuando el precio de la gasolina motor cayó cerca de COP 400 lo que disminuyó las fuentes de conversión. Así mismo entre 2014 y 2016 el precio del petróleo cae nuevamente y por ende el de la gasolina; de hecho este combustible ha presentado la mayor disminución cercana a 1000 COP/gal a diferencia del gas que ha aumentado su valor entre 250 y 300 COP/m<sup>3</sup>.

En cuanto a los aspectos técnicos de la conversión es importante resaltar que los vehículos que se reconvierten tienen un chip electrónico que debe ser renovado cada 12 meses por efectos de seguridad y verificación. De igual manera se debe tener en cuenta que la conversión involucra una serie de aspectos tales como el mayor desgaste en frenos y amortiguadores, la intervención del motor, una disminución en la potencia debido al menor poder calorífico del gas, un aumento en la frecuencia con la que el vehículo debe ir al taller (entre 2 y 3 meses), es necesario un cambio de filtros de gas y de aire.

En la actualidad Terpel ocupa el 46% del mercado. Simultáneamente, están impulsando el autogas (GLP), aunque las políticas relacionadas con este combustible no son muy claras aún. Así mismo hay un total de 550000 vehículos (270000 convertidos y 280000 chatarrizados)

Algunas alternativas para aumentar el número de vehículos que empleen gas natural se basan en decisiones políticas para los estratos 1, 2, y 3 y en la definición de reglas de juego claras; esto teniendo en cuenta que el consumidor si quiere el gas sin embargo las reglas han ido cambiando con el tiempo. Aplicación de conversiones con un compromiso de consumo en un tiempo

determinado, similar a lo sucedido en Francia; de esta manera el consumidor paga la conversión mediante el consumo de gas natural y se financia 50% el taller y el 50% el banco. Así mismo se sugiere un cambio radical de la política de gobierno teniendo en cuenta: i) la evolución de los vehículos activos en cada categoría, ii) el costo de distribución, el cual es el 30% del costo del producto en la puerta de estación (COP 400 ), iii) la retribución para el inversionista, la cual está entre el 14 y 16%, iv) la cadena compuesta por el suministro (35 a 40% en boca de pozo), transporte (30%), margen de comercialización (5%) y distribución (30%).

Adicional a esto se mencionaron algunos otros comentarios. Entre estos que Concentra no tiene las cifras con calidad, el mercado está decreciendo y lo que hoy no se consume igualmente se paga al productor. A nivel internacional la prospectiva para el sector según el personal de Terpel es la penetración del vehículo eléctrico, de hidrógeno y la descarbonización de los combustibles.

### 9.1.2 Reunión EPM\_GNV

Por parte de las Empresas Públicas de Medellín participaron los señores Jorge Iván Vélez y Juan Carlos Chad. De esta reunión los puntos tratados y conclusiones obtenidas se resumen a continuación.

La aplicación de vehículos a gas se ha dado desde Diciembre de 2011 en el Valle de Aburra mediante Metroplus; sin embargo desde 2008 se comenzó a llevar a cabo el debate de la viabilidad de este proyecto. Una vez analizado esto, EPM comenzó a promocionar la ruta, realizando estudios junto con la UPB, obteniendo el aval de la administración municipal para operarlos en el área metropolitana. Por política se definió que el combustible debía ser Gas Natural. En el momento hay buses articulados para 110-120 pasajeros y cuencas alimentadoras para 70 pasajeros; así mismo en las cuencas hay 253 vehículos (IBECO, DINA) para 40 pasajeros cada uno dedicado a Gas Natural más 15 vehículos SCANIA. Desde 2013 se definió una política de Gas Natural para las rutas alimentadoras. En el momento la tecnología más avanzada es la Euro 6, la cual no ha llegado aún al país.

Algunas de las barreras que se encontraron en 2008 durante el debate de viabilidad estaban relacionadas con la falta de experiencia puesto que no había ciudad en el país implementando Gas Natural Vehicular en el transporte masivo, por lo tanto no había credibilidad, había precaución por la pérdida de potencial en el vehículo. Simultáneamente, ICONTEC sacó la norma para la homologación de las tecnologías.

En comparación con otros combustibles, el diésel es más limpio cuando sale de la refinería sin embargo el impacto ambiental del mismo depende mucho del motor en el cual se utilice. En temas de costos de combustibles, la unidad de Mercado de EPM plantea que habrá una coyuntura de la TRM, le economía entrara en un periodo de estabilización y el precio del petróleo llegará a un punto razonable. El gas no subirá de precio y el de diésel se mantendrá.

Actualmente hay confianza en la continuidad del suministro a futuro, en el peor escenario en el cual el país no cuente con reservas suficientes es posible la importación del combustible. Más aún tienen confianza en esto basados en la unidad de mercado de EPM quienes dan parte de tranquilidad de suministro con base en estudios de vigilancia sobre los proyectos que hay en la plataforma continental. EPM cuenta con 16 estaciones de servicios distribuidas 13 en el Valle de Aburrá, dos estaciones dedicadas y privadas para Metroplus y compactadoers y una en Urabá. En el momento

tienen 23 compactadores de basura dedicados a gas y esperan la llegada de 40 más en Octubre del presente año.

El mercado de las conversiones va en paralelo al de aprovisionamiento de gas. Este mercado de la conversiones es un mercado más maduro y con acceso a la información; aunque cabe mencionar que tuvo su boom entre 2006-2007 puesto que había un bono de incentivo de COP 2.5 millones para el servicio público y COP 1.7 millones para el servicio particular. En Medellín los vehículos que emplean este combustible están exentos del pico y placa. La mayoría de los modelos convertidos son de 2007-2008 y existe un margen de ahorro entre el 38 y 42% que funciona para algunos.

A futuro EPM está interesado en implementar el GNV en vehículos de transporte de carga y de pasajeros, por lo cual ya han tenido acercamientos con proveedores a nivel nacional. De igual forma la idea es aumentar el número de estaciones, en Rionegro se va a construir una estación de gas abierta al público; de igual forma se desarrollará en Cuenca el Sistema alimentador Oriental durante el primer semestre del 2017. Más aún se comienza a pensar en la implementación de vehículos eléctricos para Metroplus; aunque es necesario definir unos costos de indexación que presenten valores equivalentes de gas natural y electricidad. De igual manera se espera tener una línea de negocio de convertidos; vehículos diésel trabajando con gas natural. En el momento se han realizado pruebas en cementos, gas y víveres por dos años.

Algunos aspectos a considerar a futuro son la toma de decisiones en cuanto a la reconversión de tecnologías, las tecnologías se encuentran en constante evolución, los motores son más silenciosos, se debe incentivar más el transporte masivo en las ciudades, GAZEL y FENOSA deben comenzar a tomar acciones no solo como actuar observadores de la situación y debe haber una vinculación de la academia, la industria y el gobierno de tal forma que la academia pueda respaldar con estudio técnicos las decisiones políticas.

### 9.1.3 Reunión Ecopetrol\_GNV

Por parte de Ecopetrol participó en la reunión la señora Mabel López. Algunas de las conclusiones de esta reunión se mencionan a continuación.

La implementación del gas natural comenzó en Colombia en la costa atlántica hace más de 20 años con la ventaja que el Gas funciona perfecto a nivel del mar; esto se hizo teniendo en cuenta el caso Argentino donde ya se implementaba el uso de este combustible. Una alternativa para impulsar la conversión de vehículos a gas natural fue mediante regulación del Ministerio de Transporte quienes en 1996 plantean que los vehículos antiguos que estaban para chatarrizar podría ser empleadas unos años más si cambiaban de tecnología. Esta política promovió la conversión de varios de estos vehículos; sin embargo al ser viejos y usados presentaron varios problemas en los motores especialmente de busetas y taxis, lo que generó una mala fama de la tecnología. Para realizar la conversión era necesario que los cables de alta, las bujías y los filtros de aire se encontraran en muy buen estado. Con el pasar el tiempo se masificó el uso del gas natural en el sector residencial.

Entre 2002 y 2004 el Ministerio de Transporte desarrolla una reglamentación para realizar una labor más rigurosa de vigilancia en Colombia; esto genero un buen ambiente para el sector, de tal manera que entre 2006-2007 se llevaron a cabo 36000 conversiones con una promesa del 50% en el valor de la conversión. En el momento la equivalencia era de 3m<sup>3</sup> de Gas Natural por un galón de gasolina.



Sin embargo se presentaron algunas dificultades relacionadas con el costo del cilindro de almacenamiento, su tamaño y peso (70 kg aprox) lo cual aumentaba la inversión inicial. La mayoría de los vehículos contaba con equipos de conversión de tercera generación aunque aquellos que eran más recientes (de 2010 en adelante) contaban con equipos de conversión de quinta generación. En estos vehículos es necesario hacer una perforación en cada uno de los cilindros de tal manera que el combustible ingresa directamente en el mismo.

Las conversiones de vehículos eran financiadas entre el transporte y la distribución mediante la emisión de bonos de conversión los cuales eran un préstamo que los usuarios pagaban a través de la factura de pago en las estaciones de servicio al momento de comprar combustible. Sin embargo entre 2008 y 2010 Ecopetrol y Ecogas tomaron la decisión de no continuar con este esquema. Esto se vio reflejado en la disminución del número de vehículos convertidos a gas natural.

En 2012, marcas como Hyundai, Renault y Toyota ofrecen vehículos nuevos dedicados a gas natural con certificado de garantía de tal manera que los usuarios no deben hacer la reconversión de sus vehículos.

Entre 2015 y 2016, las conversiones disminuyeron en un 40% producto de una disminución en la competitividad del combustible la cual está en un 30-40% de ahorro. El uso del gas natural disminuye la potencia del vehículo y afecta los inyectores, razón por la cual se recomienda igualmente operar el vehículo con gasolina al menos durante la primera media hora de la mañana. Una de las dificultades que se encontró en su momento fue la falta de estaciones de servicio; sin embargo hoy en día todos los corredores nacionales tienen estaciones de gas. Anteriormente hubo muchas conversiones y pocas estaciones de servicio; actualmente son muchas las estaciones y pocas nuevas conversiones.

#### 9.1.4 Reunión Carvajal

La reunión transcurrió con discusiones relacionadas a la trayectoria de cambio tecnológico y a las razones para esos cambios y la manera en que se han dado. Adicionalmente, se les preguntó por la percepción que tienen del sector de pulpa y papel para el futuro, identificando tendencias clave a considerar para la proyección del subsector en el país.

Inicialmente se discutió el contexto interno de la empresa, el cual muestra que los energéticos que usan han sido casi siempre los mismos: principalmente carbón (que tiene un 40% de participación) y otros combustibles (*fuel oil*, licor negro, bagacillo, etc.); los cuales son utilizados esencialmente para la generación de vapor.

Por otro lado, comentaron que la empresa tiene instalada una caldera de potencia con una turbina a condensación que les ha permitido disminuir el consumo de energía eléctrica comprada a la red, a tal punto, que hoy en día son autosuficientes en una de sus dos plantas, y aunque para la segunda aún requieren comprar un 30% de energía eléctrica, está dentro de sus proyectos que también sea completamente autosuficiente.

En cuanto al sector en general, se habla que éste ha tenido una estructura muy estable y que no ha cambiado mucho en los últimos años. Esto se refleja por ejemplo en el hecho de que aún se usan maquinas construidas el siglo pasado, que fácilmente pueden llevar 50 años operando. Dada la alta

inversión en capital que requiere la maquinaria, generalmente se van haciendo adecuaciones a las mismas (cambios en motores, sistemas de transmisión, etc.), para hacerlas más eficientes en vez de comprar unas nuevas.

A nivel mundial, el sector tiene algunos segmentos donde su demanda ha disminuido o se ha quedado estática, es el caso de la impresión y escritura, lo que podría ser explicado por el aumento de las tecnologías digitales. Pero también hay otros sectores que están creciendo, como por ejemplo el de empaques de papel (vasos, pitillos, bolsas, vasos, platos, etc.), que están reemplazando a los empaques de plástico debido a su negativo impacto ambiental, aunque su costo no sea tan bajo como el de éstos.

Para los cambios tecnológicos en el sector, consideran que, posiblemente el más importante de las últimas dos o tres décadas, ha sido el papel alcalino tipo encolado (antes el papel era ácido, y tenía una eficiencia menor –era quebradizo–), que fue implementado alrededor de 1995. Este cambio les ha permitido producir papel usando menos fibra, lo que finalmente se traduce en un menor consumo energético, teniendo en cuenta que la fibra necesita cocinarse y blanquearse, que son procesos muy intensivos en energía.

Ha habido otros cambios motivados por normatividad o restricciones ambientales, como por ejemplo en el proceso de blanqueado, donde se ha procurado dejar de usar cloro. Adicionalmente, el mercado también exige cambios, particularmente en el desarrollo de metodologías y maquinaria que disminuyan o eliminen impactos ambientales negativos. Ejemplos de ello en Carvajal son convenios de reconversión tecnológica en tratamiento de efluentes, que a la empresa podría permitirle apagar unas máquinas que ya no serían necesarias, y convenios con la CBC para nuevos precipitadores y filtros que reduzcan emisiones.

Las decisiones de inversión para los cambios tecnológicos mencionados, consideran que se dan por competitividad y para adaptarse a las tendencias mundiales. Dado que en Colombia el mercado del papel es abierto, después de 1992 empezamos a recibir productos de todo el mundo, por lo que, para mantenerse en el mercado, las empresas locales requieren ciertos cambios tecnológicos que les permitan disminuir costos y aumentar la productividad, para poder ofrecer los productos a precios competitivos frente a los demás proveedores que ingresan al país.

Comparando el sector de pulpa y papel del país con el de otros más competitivos, la gran diferencia se da en la escala: solo algunas de las máquinas con las que Carvajal cuenta (las más grandes) son comparables a las utilizadas por industrias en los países mejor posicionados en el tema. Por su parte, Carvajal tiene también ventajas en su oferta, un ejemplo de ello es que son considerados los líderes en la producción de papel con bagazo de caña, además de ser pulpa virgen (no usan papel reciclado) lo que es especialmente importante para el sector alimentos y farmacéuticos.

Existen otras tecnologías que la empresa quiere implementar, pero que aún no lo han podido hacer: alrededor de 1995 se utilizó por primera vez una llamada *shoe-press* (prensa zapata) para papeles finos, que ofrece un importante ahorro de energía dado que permite sacar el papel más seco y así consumir menos vapor. Esta tecnología lleva unos tres años en estudios en Carvajal para alcanzar una rentabilidad esperada, y toman tiempo estudiando dado que, al comprar tecnología, siempre buscan lo mejor disponible en el mercado y procuran seguir recomendaciones en el mundo, por

ejemplo, en cuanto a cambiar los motores por unos de velocidad variable en vez de las válvulas de control, que son más eficientes y ayudan a reducir el consumo de energía.

Con referencia a la percepción de los entrevistados sobre el futuro del sector, consideran que es inevitable que el carbón siga siendo una fuente muy importante, aunque estén comprometidos con la reducción de gases de efecto invernadero. No ven posible reemplazarlo por otros energéticos como la biomasa, dado que no podrían contar con el volumen requerido. Además, el carbón es un combustible muy barato y seguramente con otros combustibles la operación no sea rentable.

No obstante lo anterior, se tienen opciones que pueden aportar mucho a la reducción del consumo energético como por ejemplo el aprovechamiento de otras biomásas residuales, y buscar eficiencias en calderas y demás maquinaria de proceso. En cuanto al cambio tecnológico se esperan desarrollos en tecnologías de captura de CO<sub>2</sub>, que permitan un adecuado uso del carbón y otros combustibles líquidos.

En general, el sector de pulpa y papel se asocia (y se seguirá asociando) a consumos intensivos de energía y agua, por lo que los productores y desarrolladores están apuntando a eficiencia energética en tecnologías y procesos.

#### 9.1.5 Reunión Haceb

Por parte de Haceb participaron el sr Carlos Chica y la sra María Isabel Gallego Inicialmente se realizó una presentación de las personas que estaban atendiendo la reunión, se mencionó el objetivo de la reunión y el alcance del proyecto que está realizando la Universidad Jorge Tadeo Lozano en conjunto con ECSIM, para la UPME. A continuación, se van a enunciar los principales temas tratados en la reunión:

Se preguntó acerca de si el ahorro energético es un factor de decisión de compra de equipos para el usuario, a lo cual se indica que los clientes son más sensibles al precio en la sustitución de tecnologías en el sector residencial, seguido de diseño, marca, apariencia, garantía y por último ahorro de energía.

En lavadoras y neveras los aspectos más valorados son: Marca, precio, apariencia y ahorro energético. En Colombia se tiene un mercado de electrodomésticos basado en precios y no en ahorro energético; esto se da principalmente porque alrededor de un 85% del total de la población se encuentra en estratos 1,2 y 3, y estos estratos son subsidiados, por lo que no les interesa en gran medida el ahorro energético sino más bien las cuotas de créditos que obtiene al comprar electrodomésticos.

En Industrias Haceb son conscientes del consumo de energía de los equipos de uso final, es por esto que el desarrollo de sus productos lo hacen teniendo en cuenta los lineamientos presentados en el Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ y es un aspecto importante a la hora de diseñar los productos. Siempre están apuntando a mejorar el desempeño de los equipos más allá de lo que indica el reglamento. Por ejemplo, para los refrigeradores que están considerados como categoría A o B, actualmente le están trabajando para cumplir con la meta de 2020, que es mejorar el consumo de energía en un 20%.

En cuanto a la dinámica de comportamiento hasta la actualidad y lo que va a pasar en el consumo energético en los próximos 30 años en equipos de refrigeración, se indica que por ejemplo en países como Ecuador se implementó una regulación que sólo se puede comercializar equipos con categoría A, que es la categoría más alta presentada en el RETIQ. En Colombia aún no se tiene reglamentado que los equipos que se comercialicen deban cumplir con la categoría más alta, pero a futuro se evidencia que en la venta de equipos cada vez se va a exigir cumplimiento de categorías más altas, que contribuyan a un menor consumo energético. Se prevé que la categoría A no sería una categoría con un punto óptimo en relación a costo/beneficio, las categorías que cumplirían con este punto de optimización serían las categorías B o C, que comprenden ahorros en eficiencia energética considerables y no tienen un costo tan elevado, en comparación con la categoría A.

En cuanto al consumo energético de electrodomésticos se tiene que, una nevera consume energía dependiendo de su capacidad de volumen; por ejemplo, una nevera de 200 litros consume entre 15-20 kWh al mes, una nevera de 200-300 litros puede consumir entre 20-25 kWh al mes y una nevera entre 300-400 litros puede consumir entre 35-40 kWh al mes. Estos valores son medidos a condiciones de laboratorio, debido a que factores como la temperatura pueden incidir en el consumo energético de las neveras. Para estos electrodomésticos se tiene una meta a futuro de reducir el consumo energético en un 20% para 2020; más allá de esta reducción del consumo energético no se podrían tener eficiencias más altas a lo que se indica en el ciclo de Carnot, teoría de termodinámica. Mayores eficiencias se pueden lograr con el aislamiento térmico, sistemas inteligentes de temperatura y ciclos de encendido y apagado de los refrigeradores; además se encuentra trabajando en mejorar el rendimiento con sistemas de control por inteligencia artificial.

El ministerio de viviendas con recursos del Banco Interamericano de Desarrollo – BID, realizó un estudio de pilotos de viviendas sostenibles, contando con 56 viviendas en las principales ciudades del país. En donde se realizó la sustitución de refrigeradores, lavadoras, calentadores, duchas e iluminación, por tecnologías eficientes energéticamente, para finalmente medir el consumo energético final de los hogares. Se obtuvo reducciones de hasta el 60% del costo en el consumo de energía eléctrica. Industrias Haceb aún no han evidenciado tecnologías disruptivas que puedan impactar en el consumo energético de los hogares en Colombia. Se está trabajando con sistemas de energía renovable, investigando con universidades sobre neveras solares que utilizan sistemas de intercambiadores de calor, calentados por medio de energía solar térmica.

En cuanto a los sistemas de aire acondicionado, el consumo energético, en ciudades que están por debajo de los 1.200 metros sobre el nivel del mar, representa cerca del 30% del consumo total en la factura de energía; y en centros comerciales ocupan hasta el 50% del consumo total en la factura de energía eléctrica. En las necesidades de cocción de los hogares, la eficiencia de cocción a gas está del orden de un 60%, la eficiencia de una estufa inductiva está del orden del 90%, y la de una estufa eléctrica es del 80%; sin embargo, el costo del energético del gas es menor a la energía eléctrica. La tecnología de inducción tiene un costo de adquisición alto. En Ecuador se realizó la sustitución de estufas eléctricas por inducción; debido a que el gas licuado de petróleo es subsidiado y estaba representando costos altos para el gobierno, por lo que se decidió sustituir las estufas a gas por estufas de inducción, es un tema regulatorio. En Colombia las estufas de inducción tienen un mercado muy pequeño, sólo estratos altos las adquieren.

## 9.2 Metodología de identificación de variables para análisis de escenarios

Los siguientes lineamientos tienen como objetivo presentar el desarrollo estratégico que delinean una base inicial de estudio para la construcción de un ejercicio de escenarios requeridos para elaborar los análisis y modelos necesarios, en el marco de la consultoría “Cambio tecnológico en la cadena de valor en los sectores de industria, transporte, servicios, generación y residencial”, preparada por la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL) y la Fundación ECSIM, para la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

### 9.2.1 Horizonte temporal

Lo primero a resaltar es el amplio horizonte temporal del ejercicio de construcción de escenarios: 2016-2050. Son treinta y cuatro años de prospectiva, que obligan a tener algunas consideraciones particulares:

- En la identificación de los supuestos predeterminados se tendrán en cuenta algunas tendencias estructurales que puedan mantenerse durante alguna parte importante del horizonte considerado.
- En la determinación de las incertidumbres, igualmente deben ser disyuntivas estructurales de largo plazo, pues de lo contrario, se caería en incertidumbres de menor plazo que pueden no ser influyentes en el devenir futuro de los acontecimientos. Un ejemplo de ellos serían las elecciones presidenciales; en unos escenarios a 10 años puede marcar la diferencia la presencia de uno u otro presidente, pero en un horizonte tan dilatado como el que se está manejando en este ejercicio, lo importante será la orientación de largo plazo y sostenida de las políticas públicas.

### 9.2.2 Determinación de tendencias

Para iniciar el ejercicio se realiza una identificación de predeterminados e incertidumbres siguiendo los lineamientos de ejes de Schwartz (*“The art of the long view”*. Global Business Network. Usa. 1999), y para atacar el problema de manera estructurada se utiliza el esquema PESTEL que agrupa los posibles temas en categorías que se nombran por sus iniciales en inglés (*Politics, Economics, Social, Technology, Environment, Legal*).

#### 9.2.2.1 Predeterminados

Son aquellas tendencias identificadas que de antemano se puede adelantar, y que se desarrollarán durante alguna parte del horizonte de análisis. Esto se desarrolla, bien porque sólo falta que se manifiesten los efectos de un proceso que ya se viene desarrollando, p.e. un aumento poblacional, o bien porque la tendencia identificada se considera probable de suceder en el horizonte de análisis.

##### 9.2.2.1.1 Políticas

En el plano internacional se consideran los siguientes aspectos:

*Paso de un mundo con un liderazgo único a un liderazgo compartido:* En los últimos años, se ha venido profundizando una tendencia relacionada con la pérdida relativa de influencia de los Estados Unidos en el contexto internacional, y el correlativo aumento de la influencia de otras potencias regionales, particularmente China e India. El ascenso de China parece indiscutible en todos los frentes, su crecimiento económico, su impresionante demografía, su capacidad de realizar alianzas

e inversiones en otros continentes, todo apunta a un ascenso en su capacidad de influir en los asuntos internacionales, y, por tanto, reclamar una cuota importante de poder en el contexto global.

*Dificultades en Europa:* Europa como proyecto político seguirá enfrentando dificultades en su funcionamiento, originadas en las diferencias históricas, culturales y económicas de los diversos países que la conforman. Asuntos como las diferencias en la estructura de sus economías -pensemos en Alemania vs Grecia-, las distintas rutas históricas que los han llevado a sistemas políticos democráticos, algunos de ellos todavía bastante precarios, el *background* cultural unido a la composición étnica que los lleva a tener posiciones divergentes frente a situaciones difíciles como la de los refugiados, todo esto configura una situación compleja en la que se pondrán a prueba de manera frecuente las instituciones europeas, y que en resumen, constituirá un freno al aumento de la importancia de Europa como poder cohesionado. Ejemplos como el *Brexit* con la salida del Reino Unido de la Unión Europea, potencia la posible tendencia a encontrar mayores abandonos de otros países de la comunidad, lo que diezmaría el liderazgo del bloque socioeconómico.

*Conflictividad generalizada a nivel internacional:* La mezcla de dificultades para el crecimiento económico, inequidad en la distribución de la riqueza entre poblaciones, presencia histórica de conflictos de todo tipo (principalmente religiosos, socioculturales y económicos) que no se han resuelto, y la falta de un poder con capacidad disuasoria -sea este único o bipolar como en la guerra fría- crea las condiciones para la emergencia de múltiples conflictos regionales de mediana y alta intensidad.

En el ámbito Latinoamérica se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

*Lucha por la democracia:* Presente como una constante histórica a lo largo de toda la era republicana de los países del área. Se caracteriza por una relativa estabilidad democrática, alterada periódicamente por brotes antidemocráticos.

*Corrupción:* Consistente en los intentos de unas élites por apropiarse de recursos públicos, con fines de mejorar su capacidad para participar en las definiciones políticas, o por simple afán de enriquecimiento.

*Caso Colombia:* La situación actual de Colombia es muy interesante, porque se encuentra en el momento preciso de toma de grandes decisiones políticas, con un potencial de transformación enorme a futuro. La tendencia muestra reducciones en la intensidad del conflicto, la confrontación armada y la violencia (con posibles e importantes altibajos) – mayores niveles de turbulencia en los próximos años y reducción de los mismos en el futuro más lejano.

#### 9.2.2.1.2 Económicas

Los aspectos económicos que se tienen en cuenta son:

*Precio del petróleo:* El fantasma del *fracking* es suficiente, al menos por unos años, para mantener los precios de petróleo bajos. En la actualidad, Arabia Saudita viene implementando una agresiva estrategia de captura de mercado -entiéndase baja de precios-, para mantener la balanza en contra de la viabilidad financiera del desarrollo del *fracking* en los Estados Unidos. Esta situación tendrá

consecuencias a mediano plazo, desde recortar los presupuestos de la misma Arabia y otros países como Venezuela y Colombia, hasta retardar el avance armamentista en oriente medio.

*Crecimiento económico:* En cuanto al crecimiento económico lo que se puede afirmar es que será positivo en el horizonte temporal del ejercicio, con probabilidad de moverse en rangos inferiores a los de los últimos 30 años.

#### 9.2.2.1.3 Sociales

En el campo social se presentan algunos predeterminados, cuya evidencia se soporta en el comportamiento de varios siglos:

*Envejecimiento:* Tendencia que recoge el mejoramiento de los niveles de vida que tiende a alargar la esperanza de vida y la disminución de las tasas de natalidad de comunidades a lo largo y ancho del planeta. La combinación de ambos comportamientos produce un estrechamiento en la base de las pirámides poblacionales, una población que crece mucho más despacio, o decrece en algunos casos y una edad promedio mucho mayor, con los consiguientes cambios en preferencias de consumo y actitudes políticas ante diversos aspectos, desde la conservación ambiental hasta las relaciones internacionales pasando por la preferencia partidista y las consideraciones de qué es confort.

*Urbanización:* Consiste en la concentración de la población en núcleos urbanos de diverso tamaño. Desde aldeas hasta mega ciudades. Recientemente las Naciones Unidas señalaron el momento en el que más de la mitad de la población mundial vive en ciudades. Esta tendencia seguirá avanzando hasta llegar en vastas zonas del planeta a situaciones similares a las que hoy se presentan en países europeos o los Estados Unidos, donde un porcentaje muy alto de la población vive en ciudades y el campo está poblado de manera distribuida con una densidad muy baja esencialmente definida por la población necesaria para operar instalaciones agroindustriales de alta eficiencia

*Alfabetización:* Una proporción creciente de la población sabe leer y escribir con un dominio suficiente para tener acceso a información distribuida por medios electrónicos. Esta tendencia será creciente hasta alcanzar valores muy altos, dejando por fuera una proporción muy baja de la población.

*Inequidad:* En los últimos 25 años se ha ido consolidando una tendencia hacia la concentración de la riqueza (también de los ingresos) en los deciles superiores de la población y de manera correspondiente un descenso de los mismos parámetros en los deciles inferiores. Esta tendencia ha venido creciendo y no se avizoran elementos que la puedan revertir.

*Feminización:* La presencia creciente de la mujer en todos los ámbitos sociales es una de las tendencias disruptivas del siglo XX y muy probablemente continuará siéndolo en el XXI. Profesiones y oficios que estaban reservados a los varones ahora están abiertos a la presencia femenina. Esta tendencia seguirá avanzando con los consiguientes cambios en la composición de la fuerza laboral y más importante que eso, con un cambio en las actitudes y valores frente a muchas actividades sociales. Piénsese en los cambios de actitud de la sociedad frente a la creciente presencia femenina en ámbitos como las fuerzas armadas, la banca o la academia.



*Cliente exigente:* La explosión de prestadores de servicios en unas economías abiertas de mercado ha traído consigo el aumento del poder de negociación del cliente quien se constituye en la parte fuerte al momento de definir las características de los servicios. Esto lo convierte en un sujeto cada vez más exigente, a veces insensible a los costos de prestación del servicio, que siempre quiere múltiples opciones y además exige ser sorprendido periódicamente con aumentos en la calidad que ni él mismo había previsto.

*Sociedad del conocimiento:* La sociedad ha venido escalando una empinada cuesta de conocimiento, cada vez se produce más rápidamente, cada vez hay más conocimiento disponible y cada vez se necesita mayor especialización para poder desarrollar muchas funciones sociales como proveer servicios públicos, garantizar seguridad u obtener el máximo rendimiento de los campos de cultivo. Esta tendencia no presenta ninguna señal de debilitamiento, por el contrario, se acelera cada vez más.

#### 9.2.2.1.4 Tecnologías

Aspectos considerados referentes al cambio tecnológico se mencionan a continuación:

*Disponibilidad creciente de tecnologías:* El primer hecho evidente es que, con el paso del tiempo, se tendrán opciones tecnológicas que no existen en la actualidad, para realizar muchas actividades. Hace una década, el *fracking* era una tecnología naciente, hoy ha cambiado radicalmente el panorama de precios en la industria del petróleo. En el horizonte temporal del ejercicio (34 años), seguramente aparecerán una serie de opciones tecnológicas que permitirán la solución a problemas que hoy son intratables y de paso, crearán la posibilidad de comunidades sociales inexistentes en este momento, unidas por su cercanía o dependencia de un tipo de tecnología particular. En particular, aparecerán múltiples opciones de generación de energía para tamaños desde gran central, hasta generación distribuida residencial. Las curvas de costos seguirán convergiendo a valores menores, lo que hará que el diferencial de precios entre unas y otras, termine siendo un factor determinante en su adopción. Igualmente, se tendrán múltiples opciones de mejoras en la eficiencia en el consumo tanto industrial como comercial/institucional y residencial. Probablemente también habrá mejoras importantes en transmisión y distribución de energía eléctrica, aunque sin la espectacularidad de lo que pasará en los extremos de la cadena

*Internet de las cosas:* Tendencia que apenas si se está desarrollando, y que será uno de los pilares de la construcción del mundo tecnológico y de los negocios en unas décadas. Múltiples dispositivos desde los electrodomésticos, hasta sensores distribuidos en todos los ámbitos posibles generarán una cascada permanente de datos.

*Información ubicua:* Cada vez será más fácil acceder a información, no solo textual o en video, con un alto grado de significación, sino a gigantescas bases de datos en estado bruto que tendrán el potencial de indicar tendencias y relaciones a analistas suficientemente entrenados.

*Vehículo eléctrico:* La entrada del vehículo eléctrico es una tendencia muy marcada hacia los próximos años. Inicialmente se caracterizará por ser un vehículo netamente urbano, cuyos usuarios probablemente sean propietarios de otros movidos por combustibles fósiles. Se irá extendiendo primero hacia el servicio de transporte público (taxis) y masivo (buses y tranvías) para finalmente



entrar a competir directamente con el vehículo tradicional cuyo propietario no tiene otros disponibles.

#### 9.2.2.1.5 Ambiental

Dos aspectos importantes considerados en el análisis y que están estrechamente relacionados con el medio ambiente son:

*Cambio Global:* Una tendencia muy clara en lo ambiental es el cambio global, entendido como la serie de modificaciones a parámetros climáticos globales, que desencadenan a su vez una gran variedad de cambios desde la disponibilidad de agua en vastas regiones, la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos como huracanes y tornados, hasta la transmisión de enfermedades contagiosas, y la adaptabilidad de especies animales y vegetales a su nuevo ambiente. La alta incidencia de las emisiones de carbono provenientes de la actividad humana, y la importancia dentro del total de emisiones de aquellas generadas por la generación y uso de energía, así como serán sin duda factor determinante en la configuración de los escenarios futuros.

*Sensibilización/educación:* La fuerza motora detrás de los cambios en actitudes, en legislación e inclusive en la firma de convenios internacionales en temas ambientales ha sido sin lugar a dudas la mayor educación de la población en aspectos ambientales. Esta tendencia será difícil de revertir, pues son las generaciones más jóvenes quienes tienen una actitud más conservacionista, y más dispuesta a realizar cambios en sus vidas y en sus patrones de consumo para lograr una relación más equilibrada con el medio ambiente.

#### 9.2.2.1.6 Legislativas y Regulatorias

Los derechos del ciudadano. Hay una tendencia muy importante, al menos entre las naciones herederas de los valores occidentales, hacia un paulatino desarrollo de los derechos ciudadanos, buscando que queden consignados a niveles cada vez más detallados de la legislación y que se puedan monitorear los avances en su implementación.

En resumen, el conjunto de predeterminados, que pueden verse como un telón de fondo sobre el que se desplegarán las variaciones de un escenario a otro, se puede caracterizar por:

- Una política internacional con un liderazgo compartido entre los Estados Unidos, China con influencia creciente y Europa, en medio de una lucha de largo plazo, por consolidarse internamente como un actor con potencial influencia mundial, en medio de una conflictividad generalizada a nivel internacional, signada por múltiples conflictos de orden regional, nacional y local.
- En lo económico, un crecimiento moderado, con precios del petróleo en niveles similares a los actuales, debido al control de precios que ejerce la amenaza del *fracking*.
- Con una sociedad cada vez más vieja, más urbana, más alfabetizada, con más relevancia de lo femenino, más exigente en su posición de cliente, más centrada en el conocimiento y paradójicamente con crecientes niveles de desigualdad.
- En lo tecnológico, se tendrán múltiples opciones de solución de problemas que hoy no se tienen, en particular las posibilidades tecnológicas en cuanto a generación y consumo de energía sufrirán mejoras sustanciales y otras un poco menos dramáticas para transmisión y distribución. La implantación masiva del internet de las cosas, el aumento de la capacidad de cómputo, y la propiedad concentrada de grandes redes permitirán optimizaciones a gran

escala que crearán ventajas competitivas inmensas para sus impulsores. Todo esto estará unido a la penetración creciente de vehículos eléctricos, primero en transporte público y masivo y posteriormente como vehículo familiar masivo.

- En lo ambiental, una tendencia marca el futuro y es el cambio global y la creciente presión social para tomar medidas efectivas para su control. Los sectores energético, agrícola y transporte son causantes de un porcentaje importante de las emisiones de carbono. Esto unido al desarrollo de una concientización de la población sobre la importancia de las consideraciones ambientales en el crecimiento económico y su impacto.
- En lo legal, la tendencia dominante es a tener una creciente consideración y desarrollo de los derechos de los ciudadanos, y las posibilidades de su seguimiento para hacerlos cumplir.
- En Latinoamérica en su conjunto, estas tendencias se deben superponer a dos esfuerzos permanentes de las naciones: la lucha por mantener una democracia real y el control de la corrupción como fenómeno político-económico.
- Adicionalmente, en Colombia, se superpone que los próximos años pueden ser turbulentos, seguidos por un proceso de reducción del conflicto y de la violencia. Como consecuencia de esto, en el mediano plazo, se espera mayor crecimiento económico y un mejor acceso de la población a los servicios del Estado.

#### 9.2.2.2 Incertidumbres

Las incertidumbres están definidas como esas tendencias o eventos puntuales que no sabemos si van a ocurrir o no, o que seguros de su ocurrencia tenemos dudas de su resultado, pero que tienen el potencial de modificar el futuro.

##### 9.2.2.2.1 Políticas

Dentro de las incertidumbres relacionadas con la política se encuentran las siguientes:

*Aparición de otra potencia luchando por una hegemonía regional:* Si bien las distancias que separan a las primeras potencias de las que les siguen son considerables, lo que llevaría a hacer este punto poco probable, cabe la posibilidad de una combinación de sucesos que lleve al posicionamiento de una potencia alternativa con respecto a los países vigentes. Además de las que se encuentran en los primeros lugares: Estados Unidos y China, los candidatos no son muchos, y pueden reducirse a Alemania, Francia, Reino Unido, Rusia, India, Japón, Irán, Australia, Canadá, Brasil o Sudáfrica. De esta lista, son factores importantes de incertidumbre, principalmente Rusia e Irán, con potenciales efectos sobre disponibilidad de petróleo y por tanto de precios del mismo.

*Enfrentamiento armado internacional:* Este es un suceso posible, porque ocurre cada año y está ocurriendo en la actualidad. Lo que no es muy probable es que logre escalar en sus dimensiones hasta traer consecuencias desestabilizadoras de la correlación de fuerzas internacional. La actual situación en Siria, tiene todos los ingredientes necesarios para generar potencialmente una desestabilización a una escala mayor, que, si bien puede no desembocar en una guerra mundial, si puede alterar el equilibrio de fuerzas de manera importante con consecuencias notables sobre el posicionamiento de las grandes potencias o sus aliados más cercanos. En particular, este tendría una incidencia directa sobre los precios del petróleo al lograr un doble efecto: de un lado afectación de infraestructura petrolera, disminuyendo la oferta y por tanto presionando los precios al alza, del

otro, haciendo más estrecho el margen de negociación de Arabia Saudita y de los Emiratos Árabes, en su intento para aumentar el volumen exportado bajando los precios.

*A nivel Colombia:* Aunque la tendencia pueda indicar la reducción de la intensidad del conflicto, de la confrontación armada y de la violencia, existe incertidumbre en la duración de la etapa de transición hacia mayores niveles de crecimiento.

#### 9.2.2.2.2 Económicas

*Crisis económica similar a la de 1928:* La presencia de crisis en la economía no es una incertidumbre, es más, los modelos teóricos predicen crisis recurrentes a menos que se tengan unos activos mecanismos de control anti-cíclico. La incertidumbre aquí sería que se presente una crisis con unas características que impidieran o dificultaran fuertemente la actuación de los mecanismos de control, de tal manera que se desbordaran las consecuencias. Esto tendría consecuencias directas sobre el uso y disponibilidad de energéticos por las vías de afectación de las tasas de crecimiento de los países, dificultad o encarecimiento de los recursos financieros para la construcción y operación de infraestructura energética, y afectación de los precios de los energéticos.

#### 9.2.2.2.3 Social

*Levantamiento tipo Occupy Wall Street y configuración de un movimiento social que logre transformarse en una representación política efectiva:* Sus implicaciones serían presión sobre las políticas relativas a la redistribución del ingreso, posible afectación a algunas compañías petroleras o energéticas que sean percibidas como parte de los causantes de la inequidad en la riqueza y eventuales giros en las políticas macroeconómicas.

*Patrones demográficos y de consumo:* Si bien se espera que las sociedades vayan mejorando su calidad de vida y los indicadores correspondientes con el paso de los años, pueden darse casos de frenazos, retrocesos y diversos cambios que lleven a tener una evolución demográfica, de consumo y calidad de vida orientada hacia disminuir el consumo *per cápita*, racionalizar la afectación del medio ambiente y los ecosistemas, reducir el ritmo de vida y la cantidad de tiempo que se debe dedicar al trabajo productivo. Estos movimientos ya existen (p.e. *Slow food*, *Slow cities*), la incertidumbre es si tomarán la fuerza suficiente para ser importantes en el contexto de las tendencias sociales.

#### 9.2.2.2.4 Tecnologías

*Costos de remplazo de las tecnologías:* Si bien algunas tendencias relacionadas son predeterminadas (Convergencia en el largo plazo de las curvas de costos, ingreso del vehículo eléctrico, disponibilidad de tecnologías para la solución de un número creciente de problemas o necesidades), hay un aspecto incierto al respecto y es el costo de remplazo de unas tecnologías por otras. Un caso evidente es el ya mencionado de la posibilidad de extraer petróleo por medio del *fracking* y la serie de repercusiones sobre los precios del crudo a nivel mundial, que a su vez repercuten sobre los incentivos para cambiar de tecnologías. Es de anotar que lo importante en este punto es el diferencial, y por tanto son importantes tanto los costos de la tecnología nueva, que dependen en gran medida de la velocidad del desarrollo tecnológico, como los de la tecnología desplazada que

por ser madura ya no depende de aspectos tecnológicos, sino de un juego de oferta y demanda usualmente con altas componentes geopolíticas (precios de petróleo, carbón, gas y tecnologías establecidas como turbinas, generadores, transformadores, etc.).

#### 9.2.2.2.5 Ambiental

*Posibilidad de respuestas eficientes al cambio global:* Un aspecto incierto y que será muy monitoreado por las autoridades energéticas y ambientales y por la sociedad en general será la capacidad de dar respuestas eficientes al cambio global. Ya nadie con un *background* científico suficiente niega la existencia del fenómeno, ya hay un relativo consenso a nivel internacional, lo que queda por verse es la capacidad de poner en marcha políticas y programas que sean capaces de revertir la tendencia hacia el calentamiento de manera económicamente eficiente, socialmente aceptable y que no cause problemas mayores que los que está tratando de resolver.

#### 9.2.2.2.6 Legal

*Políticas de promoción al cambio tecnológico:* Se reúnen aquí las incertidumbres relativas a la promulgación e implementación efectiva de políticas de promoción al cambio tecnológico, que recoge aspectos tan amplios como las definiciones del futuro energético del país, a tipos de tecnologías a incentivar, etc. Vistas en conjunto terminan siendo una gran incertidumbre pues diferentes combinaciones de decisiones de política, van acercando o alejando las nuevas tecnologías de su plena viabilidad económica.

### 9.2.3 Los ejes estructurantes inciertos

Enfrentados al problema de consumo de electricidad, para determinar cuáles son las incertidumbres que deben constituirse en los ejes de los escenarios, se realiza un análisis de impacto cruzado que determina el grado de influencia de cada una de las incertidumbres. Para tal efecto, se procedió, después de hacer un ejercicio de trabajo interno, a calificar dicha influencia/impacto utilizando una escala así: (0=nula, 1=baja, 2=media y 3=alta), con lo cual se obtiene:

Tabla 76 Análisis de influencia/impacto para las diferentes incertidumbres

Incertidumbre	1	2	3	4	5	6	Suma	
1. Nueva potencia	1	■	1	0	1	0	2	
2. Crisis económica O política internacional.	2	2	■	0	2	1	5	
3. Patrones consumo	3	0	0	■	1	3	4	
4. Costos tecnologías	4	0	0	2	■	3	7	
5. Respuestas eficientes a cambio global	5	0	0	2	1	■	5	
6. Políticas promoción cambio tecnológico	6	0	0	3	1	2	■	6
suma	2	1	7	6	9	4		

Al graficar qué tanto cada una de las incertidumbres influye y es influida por las demás se obtiene:

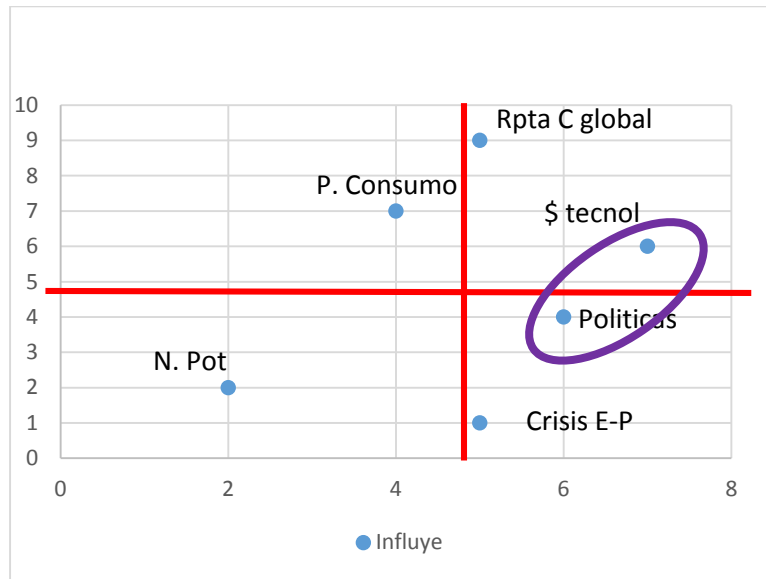


Figura 333 Relación influencia/impacto de las diferentes incertidumbres

En este punto, es necesaria una anotación: no se tiene en cuenta la incertidumbre “Crisis económica o política internacional” pues más que una tendencia de largo plazo, constituye un riesgo de que el camino esbozado en el apartado de Predeterminados se salga de la ruta que parece más probable, y se desvíe hacia unos rumbos caóticos. Teniendo en cuenta esto, los ejes del ejercicio serían las otras dos incertidumbres que se encuentran en el cuadrante de las que ejercen influencia, es decir:

- i) diferencial de costos de las tecnologías y,
- ii) políticas de promoción al cambio tecnológico.

Para mayor claridad de las actividades siguientes en el ejercicio, como son la elaboración de los escenarios resultantes, se presenta una caracterización de cada uno de los extremos de los ejes seleccionados.

### 9.2.3.1 Eje diferencial de costos de la tecnología

A continuación se presentan los diversos aspectos considerados en el diferencial de costos favorable y desfavorable relacionados al cambio tecnológico

Tabla 77 Aspectos considerados en el eje diferencial de costos de tecnología para casos positivo y negativo

Extremo (+)	Extremo (-)
Crecimiento económico en el rango alto, lo que causa mayor crecimiento de la demanda	Crecimiento económico en el rango bajo, lo que causa menor crecimiento de la demanda
Disminución rápida de los precios de instalación tecnologías nuevas, que en su gran mayoría consumen recursos sin costo como viento, energía solar, geotérmica etc.	Disminución lenta o estabilidad de los precios de instalación tecnologías nuevas.
Estabilidad o descenso moderado de los precios de instalación de tecnologías existentes.	Descenso rápido de los precios de instalación de tecnologías existentes.

Estabilidad o aumento de los precios de los combustibles asociados a ellas que como se ha discutido previamente están sujetos a múltiples factores de tipo económico y geopolítico.

VARIABLES macroeconómicas que acrecientan la diferencia en costo total de instalación y operación, es decir, apreciación del dólar frente al peso en caso de combustibles importados para tecnologías existentes o baja en la tasa de interés en caso de nuevas tecnologías con alto costos de instalación.

Disminución de los precios de los combustibles asociados a estas tecnologías existentes.

VARIABLES macroeconómicas que disminuyan o hacen negativa la diferencia en costo total de instalación y operación, tales como, depreciación del dólar frente al peso en caso de combustibles importados para tecnologías existentes o aumento en la tasa de interés en caso de nuevas tecnologías con alto costos de instalación.

### 9.2.3.2 Eje políticas de promoción al cambio tecnológico

A continuación se presentan los diversos aspectos considerados en el diferencial de costos favorable y desfavorable relacionados al cambio tecnológico

Tabla 78 Aspectos considerados en el eje diferencial de políticas de promoción al cambio tecnológico

Extremo (+)	Extremo (-)
<p>Definiciones claras, coherentes y oportunas que favorezcan la introducción de nuevas tecnologías, en los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Canasta de energéticos disponible.</li> <li>➤ Tipos de tecnologías a incentivar</li> <li>➤ Incentivos económicos a las tecnologías <i>nuevas</i>.</li> <li>➤ Procedimientos para fijación de precios de referencia de energéticos con poco mercado</li> <li>➤ Políticas ambientales, de zonas de protección, de trámites y permisos ambientales</li> <li>➤ Procedimientos y alcances de las consultas públicas correspondientes.</li> <li>➤ Procedimientos de restitución de tierras.</li> </ul>	<p>Falta de definiciones claras, coherentes y oportunas que favorezcan la introducción de nuevas tecnologías, en los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Canasta de energéticos disponible.</li> <li>➤ Tipos de tecnologías a incentivar</li> <li>➤ Incentivos económicos a las tecnologías <i>nuevas</i>.</li> <li>➤ Procedimientos para fijación de precios de referencia de energéticos con poco mercado</li> <li>➤ Políticas ambientales, de zonas de protección, de trámites y permisos ambientales</li> <li>➤ Procedimientos y alcances de las consultas públicas correspondientes.</li> <li>➤ Procedimientos de restitución de tierras.</li> </ul>
<p>Socialización y puesta en operación de las políticas mencionadas.</p>	<p>Falta de socialización y puesta en operación de las políticas mencionadas arriba</p>
<p>Programas de créditos blandos para la adquisición de equipos que consumen energía proveniente de las nuevas tecnologías.</p>	<p>Ausencia de programas de créditos blandos para la adquisición de equipos que consumen energía proveniente de las nuevas tecnologías</p>
<p>Acompañamiento y seguimiento por parte de las entidades de política y de aquellas responsables por el suministro energético.</p>	<p>Ausencia de las entidades de política y de aquellas responsables por el suministro energético, frente al seguimiento y acompañamiento</p>
<p>Clima de opinión favorable al cambio tecnológico.</p>	<p>Clima de opinión desfavorable al cambio tecnológico</p>

### 9.2.4 Estructuración de los escenarios

En este apartado se presenta el proceso de construcción de los escenarios desde las incertidumbres caracterizadas al final del capítulo anterior, hasta la descripción con mayor nivel de detalle, y la definición de unos nombres que representen claramente cada uno de ellos.

Se retoman los ejes de los escenarios ya mencionados:

- Diferencial de costos de las tecnologías
- Políticas de promoción al cambio tecnológico.

Y como elementos de fondo, es decir, válido para todos los escenarios se retoma el resumen de predeterminados presentado con anterioridad. Los escenarios resultantes se numeran a partir del cuadrante superior derecho (diferencial de costo favorable- políticas favorables) en sentido horario (Figura 334)

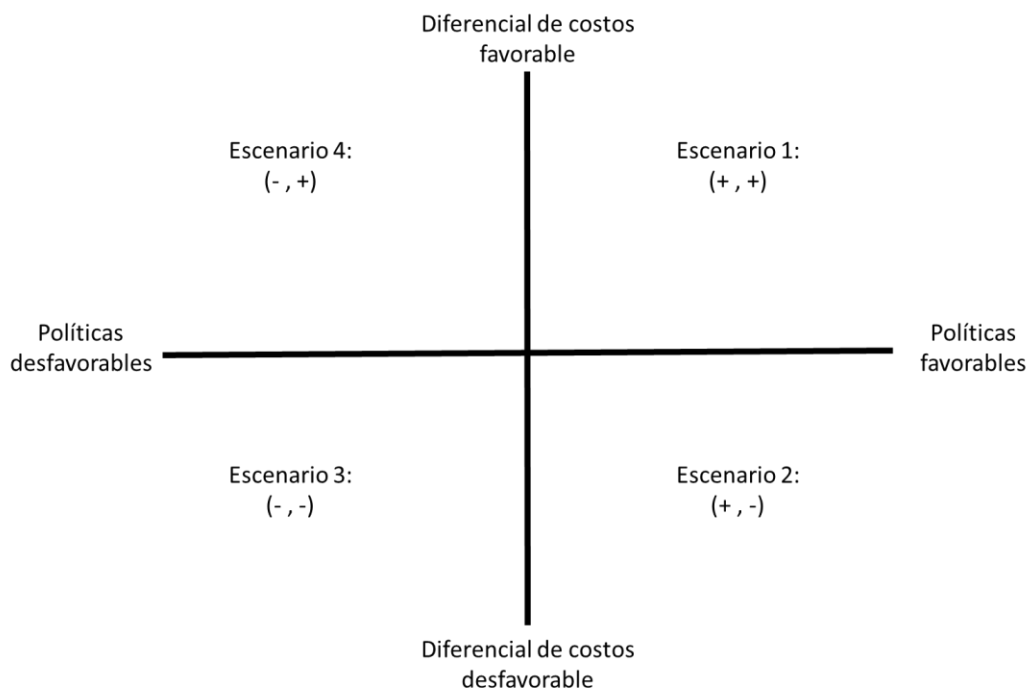


Figura 334 Distribución de los escenarios de acuerdo a los ejes de análisis

De esta forma se plantean cuatro escenarios que serán descritos a continuación:

#### 9.2.4.1 Escenario 1. Políticas favorables, diferencial de costos favorables

Este escenario está caracterizado por el hecho de que ambas incertidumbres están en sus resultados positivos frente al cambio tecnológico, reforzándose mutuamente y creando una retroalimentación positiva entre costos y políticas. La historia sería la siguiente:

A nivel mundial se mantiene un crecimiento constante de la economía en valores sostenidos. No se dan hallazgos importantes a nivel internacional para influenciar los precios a la baja, o si ocurren los hallazgos, estos se producen en países que tienen la capacidad de controlar la oferta internacional.

Los avances tecnológicos irán bajando los costos de nuevas tecnologías en todos los eslabones de la cadena, lo que las hará cada vez más atractivas desde el punto de vista económico.

A nivel nacional los hallazgos de nuevos yacimientos de petróleo y gas no son de gran importancia, lo que implica que el país depende en gran medida de energéticos importados. Simultáneamente, las políticas ambientales tienden a demorar la construcción de proyectos hidroeléctricos y térmicos, lo que encarece los precios internos, aumentando el diferencial. Esto causa una reacción en los organismos de política energética, económica y tecnológica que promueven la adopción de políticas a favor del cambio tecnológico.

Los niveles crecientes de urbanización, alfabetización, conocimiento y conciencia ambiental refuerzan la tendencia hacia una entrada más rápida y profunda de nuevas tecnologías. En la misma dirección se mueve la tendencia de entrada de los vehículos eléctricos con su consecuente desplazamiento del consumo de hidrocarburos para transporte hacia vehículos que usan electricidad.

#### *9.2.4.2 Escenario 2. Políticas favorables, diferencial de costos desfavorable*

Este escenario se caracteriza porque, el diferencial de costos es desfavorable, o sea, las potenciales ganancias por cambio tecnológico son moderadas o nulas, no obstante, las políticas internas si promueven activamente el cambio tecnológico. La historia se presenta de la siguiente manera:

A nivel mundial, el crecimiento bajo de la economía y por tanto de la demanda energética se une al hallazgo de importantes yacimientos de petróleo y gas en países que no tienen poder de mercado en el contexto internacional lo que lleva a un descenso de los precios de los energéticos disponibles en el mercado internacional. Ese descenso desincentiva la búsqueda de alternativas tecnológicas lo que causa que las curvas de aprendizaje se recorran más despacio y, por tanto, los diferenciales no se decantan claramente hacia las nuevas tecnologías.

En el contexto nacional, la ausencia de hallazgos importantes de energéticos y la demora en la entrada de proyectos de generación importantes por motivos sociales y/o ambientales mueve a los encargados de la definición de políticas a adelantarse al momento en que estén disponibles alternativas a bajo costo y promueve políticas proclives a estas nuevas tecnologías.

#### *9.2.4.3 Escenario 3. Políticas desfavorables, diferencial de costos favorable*

Este escenario se caracteriza porque ambas incertidumbres toman sus valores negativos y se refuerzan creando un ciclo de influencia adversa sobre la adopción de nuevas tecnologías. Una historia conducente a este escenario sería de la siguiente manera:

En lo internacional se presenta un bajo crecimiento de la economía lo que implica bajo crecimiento en la demanda. Se presentan hallazgos importantes de energéticos a nivel mundial lo que lleva a un descenso de los precios de los mismos. Se desincentiva, por tanto, la búsqueda de alternativas tecnológicas con la consecuente desaceleración en las curvas de aprendizaje y, por tanto, los diferenciales no se decantan claramente hacia las nuevas tecnologías.

En el plano nacional se presentan varios hallazgos importantes de petróleo y gas, lo que acaba por desincentivar la adopción de tecnologías nuevas. Las empresas energéticas nacionales se sienten



cómodas con sus márgenes de utilidad lo que las hace entrar en un período letárgico en la búsqueda de nuevas soluciones y la sociedad en general, aunque más urbana, alfabetizada y consciente, tienen otros problemas que considera más importantes como mejorar los niveles de equidad en los ingresos

#### 9.2.4.4 Escenario 4. Políticas desfavorables, diferencial de costos desfavorable

Este escenario se caracteriza porque no obstante el diferencial de costos es favorable, las políticas no lo son y por tanto se retrasa la entrada de nuevas tecnologías. Una historia que conduce a ese escenario sería la siguiente:

A nivel mundial se mantiene un crecimiento constante de la economía en valores sostenidos. No se dan hallazgos de energéticos importantes a nivel internacional para influenciar los precios a la baja, o si ocurren los hallazgos, son en países que tienen la capacidad de controlar la oferta internacional. Los avances tecnológicos irán bajando los costos de nuevas tecnologías en todos los eslabones de la cadena, lo que las hará cada vez más atractivas desde el punto de vista económico.

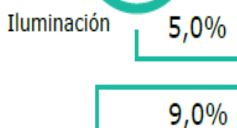
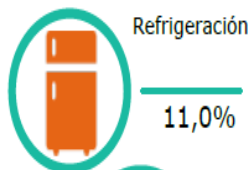
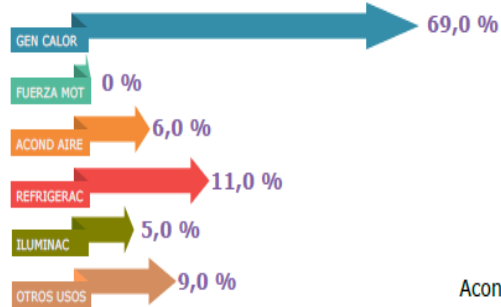
A nivel nacional, las políticas de incentivo a la adopción de nuevas tecnologías no avanzan a ritmo importante fruto del convencimiento de que la adopción de nuevas tecnologías es un asunto exclusivamente económico y por tanto deben dejarse estos asuntos al libre juego del mercado.

#### 9.2.5 Infografía línea base de cada sector

Para la evaluación de las líneas base en cada sector se utilizó parte de la información recopilada en este entregable y se procedió a la realización de unos infográficos adjuntos al material entregado durante el taller de escenarios

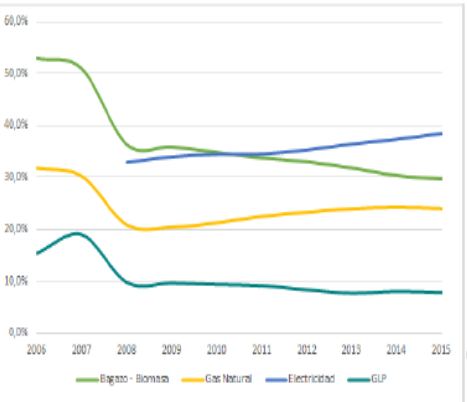
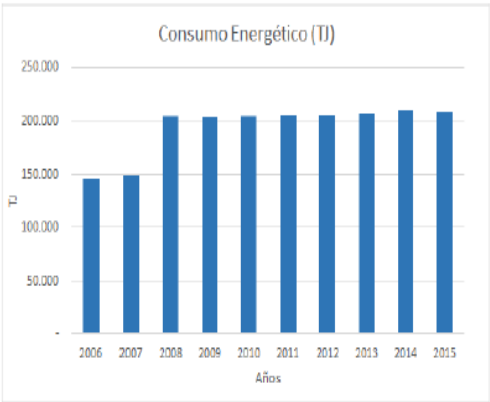
9.2.5.1 Infografía Sector Residencial

## CONSUMO ENERGÉTICO SECTOR RESIDENCIAL 2015



\* Incluye Leña

## EVOLUCIÓN

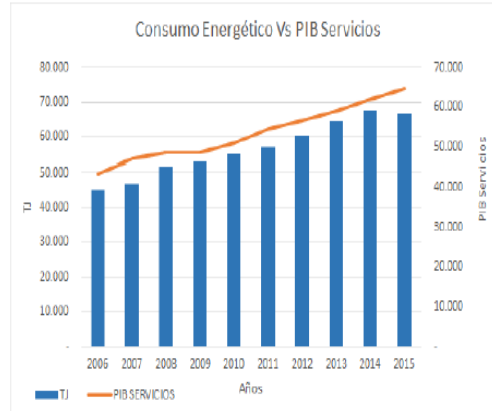


9.2.5.2 Infografía Sector Terciario

**CONSUMO ENERGÉTICO SECTOR TERCIARIO 2015**

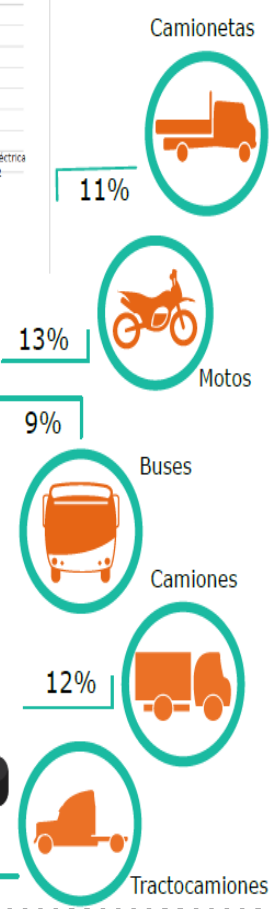
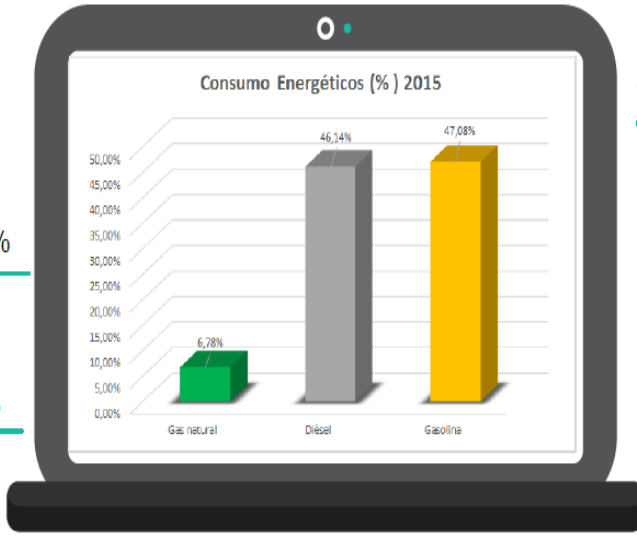
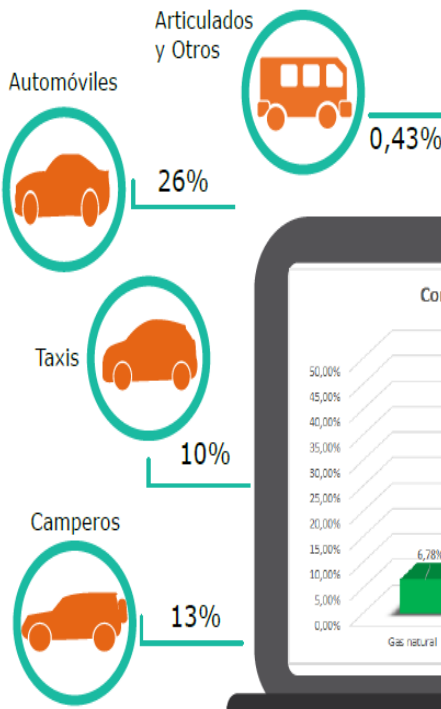
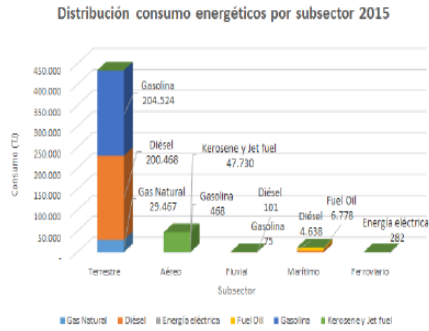


**EVOLUCIÓN**



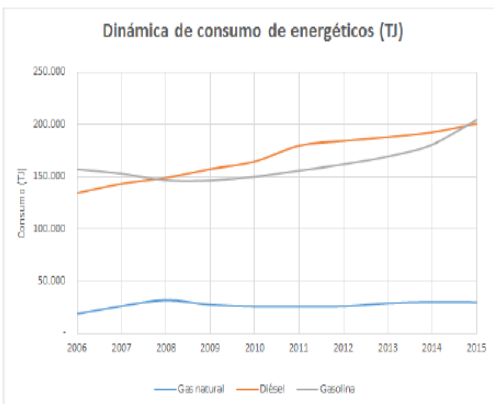
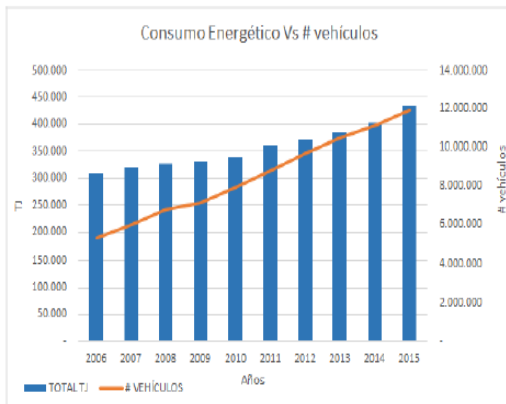
9.2.5.3 Infografía Sector Transporte

## CONSUMO ENERGÉTICO SECTOR TRANSPORTE 2015



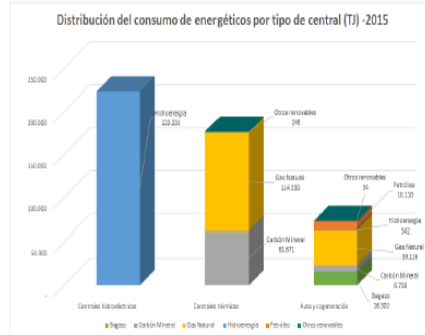
\* Distribución de consumo de energía 2014 en estaciones de servicio público

## EVOLUCIÓN



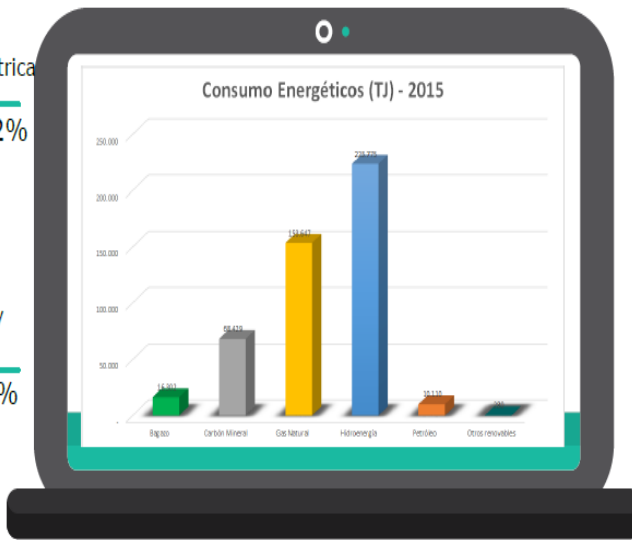
9.2.5.4 Infografía Sector Generación de Energía

**CONSUMO ENERGÉTICO SECTOR GENERACIÓN POTENCIA 2015**



Hidroeléctrica  
47,2%

Autogeneración y Cogeneración  
15,4%



Térmica Gas Natural



24,2%

13,1%



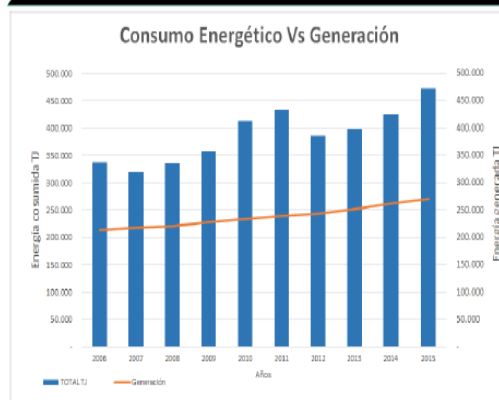
Térmica Carbón

0,1%



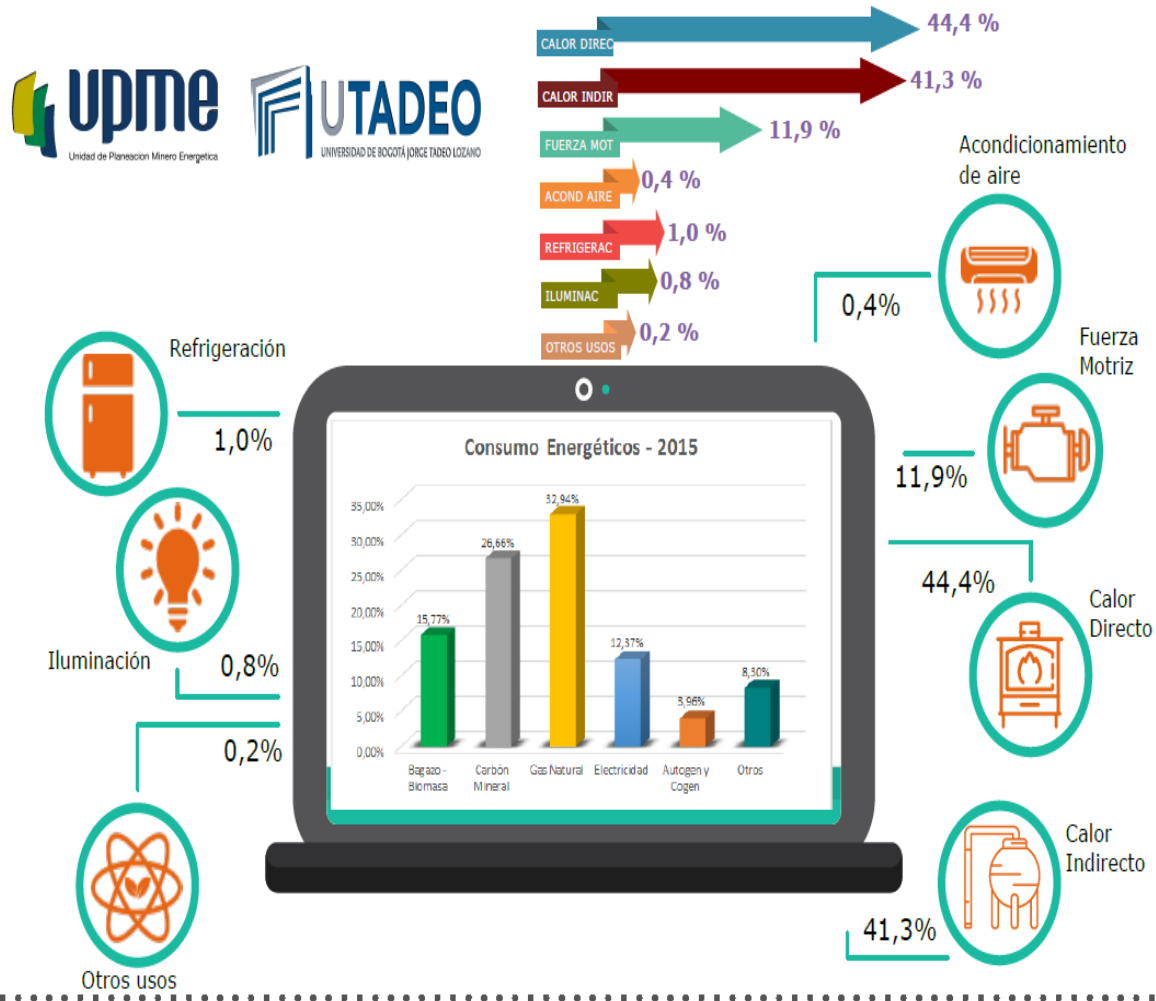
Térmica Otros

**EVOLUCIÓN**

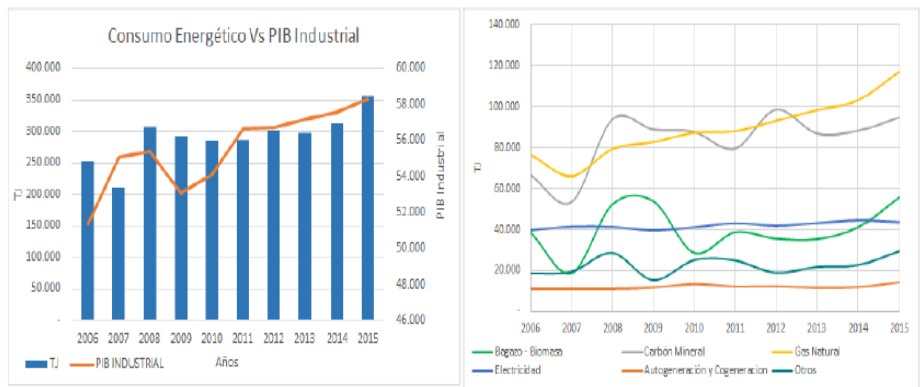


9.2.5.5 Infografía Sector Industria

**CONSUMO ENERGÉTICO SECTOR INDUSTRIA 2015**



**EVOLUCIÓN**



### 9.3 Conclusiones preliminares análisis de escenarios desarrollado con expertos nacionales e internacionales

Los resultados del Taller de escenarios desarrollado los pasados 11, 12 y 13 de octubre, son el resultado de la aplicación de todo el ejercicio metodológico presentado en el ejercicio anterior, fueron proyectados para presentarse de la siguiente manera por cada uno de los cinco sectores analizados: i) Comercial; ii) Transporte; iii) Generación de Potencia; iv) Industria, y v) Terciario.

#### 9.3.1 Ejercicio de construcción de escenarios, salieron de cada mesa (cinco sectores) cuatro escenarios con ideas clave con corte en los años 2030 y 2050.

##### 9.3.1.1 Sector Industria

*Nota 1:* cabe aclarar que en la discusión se acordó que cada uno de los elementos descritos en un escenario puede ser un factor en los demás (aunque no esté definido así) dependiendo de si la situación se da o no se da, y bajo qué condiciones.

*Nota 2:* al inicio de cada elemento se pone una letra que lo identifica como un factor Político (P), Económico (E), Socio-cultural (S), Tecnológico (T), Ecológico (EC), o Legal (L); y si se considera que el factor se puede clasificar en dos o más categorías, se separan por un punto y coma (;).

##### 9.3.1.1.1 Escenario “+ + Alan Turing”

Es este escenario el diferencial de costos y las políticas que promueven el cambio tecnológico serán favorables.

###### 9.3.1.1.1.1 Corte al 2030

(T) Se desarrollan los sistemas de incineración y *waste to energy*

(P; T) Se optimizan energéticamente los sistemas agropecuarios del país

(T) Se desarrolla la catálisis avanzada aplicable a la combustión de residuos

(T) Incentivos a la adquisición y uso de tecnologías eficientes energéticamente

(T) Mayor participación de la Autogeneración y cogeneración en la industria

(T) Desarrollo de *Smartgrid*

(T) Desarrollo de sistemas de Medición inteligente

(T) Desarrollo de Internet de las cosas

(T) Se desarrolla [acelera] la producción local de energía solar [y otras energías verdes]

(S) Se estimula y mantiene la relación Estado-universidad-empresa

(S) El sistema educativo favorece la creatividad y la innovación

(S) Se multiplican las conexiones entre universidades que potencian nuevas capacidades. [la i+D será jalonada por las empresas, por lo que las universidades potenciarán nuevas capacidades que las posicionen en términos de i+D para la industria manufacturera]

(T) La nanotecnología se vuelve fundamental

(P) Se establece un plan nacional científico y tecnológico real y estable

(P) Se crea una cultura de medir y modelar individual y colectivamente

(E) Industria penetra nuevas actividades económicas del país

(E) Colombia convertida en una plataforma productiva [especialmente en términos energéticos.] [según lo discutido, las plataformas productivas son estructuras de trabajo que alinean las estrategias de sus agentes -nacionales e internacionales-, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible de la industria]

(S) Mayor equidad e inclusión

#### 9.3.1.1.1.2 Corte al 2050

(T) Mayor complejidad y diversificación tecnológica en la industria

(E; T) Aumento de intensidad eléctrica [más Kwh/\$] en los diferentes procesos industriales

(T) Se desarrollan métodos de inteligencia compartida aplicable automáticamente [esto va muy relacionado con lo hablado luego por el Dr. Eduardo Lora sobre el *Know-how* colectivo, que se refiere a las formas en que adoptamos la tecnología en el país, y es necesario que sea aplicable automáticamente de manera que logre una real diversificación inteligente en los diferentes sectores de la economía]

(E) Mayor flexibilidad de la economía

#### 9.3.1.1.2 Escenario “+ - Matrix”

En este escenario existirán políticas que incentivan el cambio tecnológico, pero el diferencial de costos para el cambio no será favorable.

##### 9.3.1.1.2.1 Corte al 2030

(T; L) Habrá mecanismos de propiedad intelectual que favorecen la innovación y el crecimiento tecnológico

(S) Mayor cultura del empleo formal

(P) Altos impuestos aplicables a estimular la ciencia y la tecnología

(P; L) El Gobierno se convierte en un actor importante en el impulso de cambios tecnológicos

(P) Se masifica el transporte por sistemas eléctricos



#### 9.3.1.1.2.2 Corte al 2050

(S) Se libera la tecnología (*Free Access*) [pero existirán estímulos a nuevos desarrollos]

(T) Colombia descubre tecnologías de secuestro o eliminación de CO<sub>2</sub> [o aplica exitosamente tecnologías desarrolladas en otros países para ese fin]

(S) Se crean mecanismos de economía compartida y simple [el país diversifica la industria manufacturera con actividades más complejas y estrechamente relacionadas, lo que permite la creación de sinergias que contribuyen a una economía más conectada]

(P) Se desarrolla la Bioindustria agresivamente [Esto va muy de la mano con otra idea que salió de la discusión: en el futuro se industrializarán otros campos, como lo será el sector agrícola, donde será muy aplicable la Bioindustria]

#### 9.3.1.1.3 Escenario “- - Another brick in the wall”

Escenario donde tanto el diferencial de costos como las políticas que promueven el cambio tecnológico serán desfavorables.

##### 9.3.1.1.3.1 Corte al 2030

(EC) La regulación ambiental será tan estricta que podría frenar el desarrollo de diferentes industrias

(L; S) Ley aumentando tasas de impuestos [o en general, cobros injustificados de diferente índole], por personas que quieren restringir el crecimiento de ciertas industrias [Un ejemplo es por prejuicios o intereses particulares]

(T) Estancamiento de la industria por factores logísticos, sin posibilidades de exportación

(P) Se restringe la iniciativa privada en favor de lo estatal

(S) Crecimiento de empleo informal

##### 9.3.1.1.3.2 Corte al 2050

(E) Fuertes restricciones a compartir conocimiento. [La Propiedad intelectual responde a intereses particulares]

(E) Economía dependiente de pocos productos de baja complejidad [estancamiento de la economía nacional]

(P) Desarrollo desbalanceado de la industria [debido a concentración de incentivos y sin foco estratégico]

#### 9.3.1.1.4 Escenario “- + Dukes of Hazzard”

En este escenario el diferencial de costos será favorable pero no habrá una buena orientación hacia políticas de cambio tecnológico

##### 9.3.1.1.4.1 Corte al 2030

(T; L) Habrá restricciones para importar *Know-how* [barreras legales, logísticas, económicas, etc.]

(P) Capacidad técnica e informativa del estado se disminuye [sectores aislados y de baja complejidad]

(EC) Regulación ambiental motiva la competitividad [cambios a tecnología verde estarán motivados por aspectos de disminución de costos]

(S) Se estimula la creatividad individual aún en ambiente socialmente restringido

(E) Industrialización selectiva con riesgo de reposicionamiento geográfico fuera de Colombia

#### 9.3.1.1.4.2 Corte al 2050

(S) Dificultad en la toma de decisiones macroeconómicas [Manipulación o mala difusión de la información]

(E) Desarrollo más robusto, industria más adaptable a cambios

(P) Desprendimiento de la industria de las políticas del estado

#### 9.3.1.2 Sector Residencial

##### 9.3.1.2.1 Escenario “+ + Alan Turing”

###### 9.3.1.2.1.1 Corte al 2030

Cumplimiento de metas RETIQ.

Aumento de eficiencia en electrodomésticos.

Incentivos tarifarios a la eficiencia y al ahorro.

Generación de incentivos para la sustitución de electrodomésticos viejos y de poca eficiencia.

Medición inteligente, conocer el consumo desagregado por electrodoméstico.

Creación de tarifas basados en rangos de consumo.

###### 9.3.1.2.1.2 Corte al 2050

Desarrollo de programación inteligente y adaptativa para electrodoméstico, consumo en función de carga y condiciones externas.

Alta penetración de electrodomésticos de línea blanca en los hogares colombianos.

Incursión de hogares autosuficientes, con capacidad de convertirse en pequeños generadores de electricidad que venden sus excedentes al distribuidor.

Evolución tecnológica (aires acondicionados capaces de generar electricidad).

Cambio radical de hábitos. (impresión de comida, sustitución de comida tradicional por comida que no requiera calor para su preparación).

###### 9.3.1.2.2 Escenario “+ - Matrix”

El escenario Matrix no fue desarrollado debido principalmente a que, en opinión de los expertos, la probabilidad de ocurrencia es demasiado baja. Se presenta una correlación entre las dos variables, si una variable es positiva promoverá la transformación de la otra variable a un escenario favorable.

### 9.3.1.2.3 Escenario “- - Another brick in the wall”

#### 9.3.1.2.3.1 Corte al 2030

No hay sustitución de equipos.

Eliminación de metas eléctricas del PROURE.

Uso de leña para la cocción.

Subsidios a servicios por parte del gobierno (No eliminación).

Uso de electrodomésticos antiguos a pesar de la compra de nuevo electrodomésticos.

Incremento del robo de electricidad.

Ausencia de normas de eficiencia energética para la construcción de nuevas viviendas.

### 9.3.1.2.4 Escenario “- + Dukes of Hazzard”

#### 9.3.1.2.4.1 Corte al 2030

Baja penetración de energía renovable en los hogares.

Eliminación de incentivos tributarios para la implementación de fuentes alternativas de generación (Reforma tributaria).

Implementación de fuentes de generación alternativa con las políticas actuales.

### 9.3.1.3 Sector terciario:

#### 9.3.1.3.1 Escenario “+ + Alan Turing”

Este escenario está caracterizado por el hecho de que ambas incertidumbres están en sus resultados positivos frente al cambio tecnológico, reforzándose mutuamente y creando una retroalimentación positiva entre costos y políticas.

#### 9.3.1.3.1.1 Corte al 2030

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

Se espera que a 2030 se popularice la eficiencia en iluminación LED de alta eficiencia y estos sistemas sean usados en mayor medida, disminuyendo el consumo en iluminación.

Se proyecta que ingresen los sistemas de energías renovables para ser utilizados en las edificaciones, además de la implementación de microgrids.

Se masificará principalmente la instalación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo de energía eléctrica.

Los usuarios tendrán una participación activa en la demanda de energéticas, al establecerse la oportunidad de generar su propia energía para el autoconsumo y la venta de excedentes a la red de energía del sistema eléctrico de potencia.

Se prevé que las nuevas construcciones a realizar en el sector terciario sean con diseño bioclimático y materiales eficientes, disminuyendo el uso de iluminación y acondicionamiento de espacios.

La estandarización de piezas y materiales de construcción permitirá que se realicen infraestructuras con redes eficientes, disminuyendo pérdidas de energía eléctrica.

Se percibirá una alta dinámica en el mercado en servicios y equipos orientados a la eficiencia energética.

Mejoramiento de sistemas de control de aires acondicionados, disminuyendo pérdidas y aumentando eficiencia.

El internet de las cosas y gestión remota de cargas, permitirá gestionar de manera adecuada el consumo de energía en las edificaciones del sector servicios.

Energía solar térmica para calentamiento de agua y acondicionamiento de piscinas, disminuyendo el consumo de gas natural.

Se incrementará el comercio electrónico, lo que impactará directamente en la necesidad de locales físicos para la prestación de servicios.

Temáticas relacionadas con políticas públicas

Los precios del petróleo serán altos, de manera que se incentive el uso de otras fuentes de energía.

Se tendrá un financiamiento de bajo costo para la renovación energética

Se implementarán políticas que permitan tener bajas tasas de interés para la inversión en sistemas eficientes de energía.

Se presentan políticas públicas que dan mandato hacia la implementación de sistemas con construcción sostenible.

Se presentan políticas de restricción del uso de materiales que son contaminantes, como por ejemplo al uso del mercurio en sistemas de iluminación.

Participación activa del gobierno a imponer autoregulaciones o estándares altos para su propio consumo energético

Obligación de tener personal para la gestión eficiente de la energía en usuarios con altos consumos de energía eléctrica.

Obligaciones de reporte de consumo de energía anuales por parte de los usuarios del sector de energía, lo que contribuirá a establecer programas de gestión eficiente de la energía.

#### 9.3.1.3.1.2 Corte al 2050

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

La principal fuente energética será renovable y la mayoría de usuarios contará con sistemas de generación distribuida para el autoconsumo.

Se implementan políticas que reglamenten que ser Net Cero sea obligatorio.

La distribución energética es por smartgrid en pequeños distritos

Los sistemas de iluminación serán por captura de luz natural por medio de fibra óptica denominada transmisión directa solar tub, disminuyendo los requerimientos de energía de la red.

Los aires acondicionados serán por intercambiadores geotérmicos, lo que aumentará la eficiencia de estos sistemas.

Temáticas relacionadas con políticas públicas

Se implementan subsidios para incentivar nuevas tecnologías eficientes de energía en locales, edificios, etc.

Se implementan políticas que indican topes máximos de uso de energía convencional no eficientes por consumo total en empresas de servicios.

#### 9.3.1.3.2 Escenario “+ - Matrix”

Este escenario se caracteriza porque, el diferencial de costos es desfavorable, o sea, las potenciales ganancias por cambio tecnológico son moderadas o nulas, no obstante, las políticas internas si promueven activamente el cambio tecnológico.

##### 9.3.1.3.2.1 Corte al 2030

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

Los sistemas de iluminación LED de alta eficiencia se implementan, debido a que esta tecnología está muy avanzada y se espera que se sigan desarrollando e implementando a pesar de no estar en un escenario favorable.

Los sistemas de aire acondicionado no evolucionan, permaneciendo con los niveles actuales de consumo energético.

Se ve un retraso en la entrada de las tecnologías de sistemas de energías renovables al mercado, por no ser competitivas con los precios de las tecnologías convencionales.

El recambio del stock inmobiliario no se da como se proyecta, permaneciendo muchos establecimientos con sistemas de poca eficiencia y alto consumo energético.

Se fomenta el conocimiento en bioclimática y estrategias pasivas

Las tecnologías son eficientes pero los costos, incluso a nivel internacional, son altos; dificultando que los empresarios inviertan en estos sistemas.

A pesar de la promoción de medidas de eficiencia energética, incluso con incentivos, la percepción del costo sigue siendo alta.

El comercio electrónico es más utilizado, incrementando los trámites en línea y disminuyendo la necesidad de edificaciones, lo que al final repercutirá en el consumo energético; influenciado además por los altos costos de infraestructura.

La tecnología se ve retrasada en el aumento de su eficiencia, por los altos costos que supone aumentar un punto de eficiencia, además no se percibe aceptación del mercado por los altos costos.

#### Temáticas relacionadas con políticas públicas

El cambio climático desestabiliza los regímenes de lluvias y vientos, por lo que ocasionará problemas en infraestructura y mayor demanda del uso de acondicionamiento de espacios.

Se produce una sobreoferta mundial de petróleo y carbón, lo cual reduce los incentivos para la inversión y el cambio tecnológico en Colombia.

Desorden fiscal (por la paz, la crisis de salud y las pensiones) lleva a altas tasas de interés y escaso financiamiento.

Se implementan políticas para el etiquetado de equipos con eficiencia energética, y la compra de los mismos se realiza con conocimiento y selección con criterios energéticos

Se implementarán subsidios a las energías renovables, lo que posibilitará que su costo baje, aunque no será competitivo con las fuentes convencionales.

Se implementarán políticas que desmonten el 4x1000 y devolución de puntos del IVA para sistemas eficientes y tecnologías de energías renovables.

#### 9.3.1.3.2.2 Corte al 2050

##### Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

Logras metas de edificaciones net zero se hace difícil por los altos costos de tecnologías.

#### 9.3.1.3.3 Escenario “- - Another brick in the wall”

Este escenario se caracteriza porque ambas incertidumbres toman sus valores negativos y se refuerzan creando un ciclo de influencia adversa sobre la adopción de nuevas tecnologías.

#### 9.3.1.3.3.1 Corte al 2030

##### Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

Solo se trabaja iluminación eficiente por el retorno a la inversión y no por el incentivo de ser más eficientes energéticamente.

La implementación de sistemas de energía renovables para autogeneración no se da por el alto costo que suponen estas tecnologías.

La implementación de sistemas de aire acondicionado por OTEC (oceánico térmico) en regiones costeras se ve obstaculizado por los altos costos de inversión y pérdida de competitividad con otros sistemas.

Se colocan impuestos al uso de sistemas con paneles solares fotovoltaicos

Los altos costos de los sistemas para autogeneración no permiten que se implementen, por lo que cual es uso de las redes sigue usándose prioritariamente.

#### Colombia no alcanza los compromisos del COP21

Los costos asociados a las baterías para su uso en sistemas de energía renovable no se reducen y su vida útil no aumenta sustancialmente, dificultando la entrada al mercado de las renovables.

Los costos de tecnologías con mayores eficiencias no se reducen, dificultando el recambio tecnológico.

Temáticas relacionadas con políticas públicas

Pérdida de ingresos externos por precios bajos del petróleo y por pérdida de competitividad en manufacturas colombianas (Por la robotización en USA y China)

Las altas tasas de cambio de moneda dificultan la inversión y renovación energética

El país no se alinea con políticas internacionales y por lo tanto no se promueven medidas eficiencia energética y cambio climática, por lo que no se incentiva la adquisición de nuevas tecnologías.

#### 9.3.1.3.3.2 Corte al 2050

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

La renovación de tecnologías que sean más eficientes en sistemas de iluminación y aire acondicionado no se da, por lo que se siguen utilizando los sistemas de hoy en día.

No ingresa al mercado sistemas de energía renovable.

Temáticas relacionadas con políticas públicas

El sector terciario solo usa fósiles para autoabastecerse

#### 9.3.1.3.4 Escenario “- + Dukes of Hazzard”

Este escenario se caracteriza porque no obstante el diferencial de costos es favorable, las políticas no lo son y por tanto se retrasa la entrada de nuevas tecnologías.

#### 9.3.1.3.4.1 Corte al 2030

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

La iluminación Led y aire acondicionado de alta eficiencia se mantienen, a pesar de no tener políticas que le favorezcan.

La energía renovable no es usada masivamente, debido a políticas desfavorables.

El país sigue dependiendo de generación y distribución centralizada

El sector terciario no implementa tecnologías con términos de eficiencia energética masivamente, debido a que las políticas públicas no son favorables.

Poca promoción de la educación en eficiencia energética y uso de ERs

El uso de internet para ofrecer los servicios se ve afectado porque se imponen impuestos

No existe un mercado de compra y venta de energía autogenerada

Temáticas relacionadas con políticas públicas

La crisis fiscal en educación, salud, y el resto del sector público restringe la inversión en infraestructuras y equipos.

Se restringen tecnologías importadas o productos por inversión extranjera, para proteger por ejemplo sectores influyentes.

Inexistencia de exigencias de eficiencia energética en construcción y equipamiento

Impuestos al e-commerce y a las transacciones electrónicas

Se mantiene el 4x1000

Ausencia de políticas de eficiencia energética

Políticas que favorecen a los operadores de red en cuanto a la venta de excedentes de energía por autogeneración.

Se colocan incentivos a las energías renovables que a largo plazo no se pueda sostener.

#### 9.3.1.3.4.2 Corte al 2050

Temáticas relacionadas con cambio en tecnologías

El mercado es muy heterogéneo en términos de demanda de energía

Los edificios viejos se renuevan parcialmente

Los edificios nuevos son construidos en términos de cumplimiento de sostenibilidad

La energía renovable sigue siendo relegada y se retrasa la implementación de energías renovables.

#### 9.3.1.4 Sector generación de energía eléctrica

##### 9.3.1.4.1 Escenario “++ Alan Turing”

###### 9.3.1.4.1.1 Corte al 2030

Incremento en la generación distribuida (a boca de pozo con gas) por parte de las grandes empresa/organizaciones

Desarrollo de generación en ZNI que permita desarrollo

Medición eficiente de consumo

Autogeneración

Generación 20% FV en la costa

Demanda duplicada

Participación del 30% de renovables (no hidroeléctricas)

Desarrollo de políticas para inserción de FNCER

Desarrollo centralizado del mercado y señales del techo con FNCER

Marco normativo ambiental estable y real

Marco regulatorio en beneficio de tecnologías renovables y auto sostenibles



Incremento en las instituciones de generación de gran escala por parte empresas generadoras de energía

Uso de carbón limpio estancado

Filo de agua en Antioquia, Boyaca y región andina

Incentivos para la generación con FNCER

Eólica 2000 MW, solar 1000 MW

Plan expansión eólica 3000MW

500 MW distribuidos en solar en techos

Líneas de transmisión de energía en el centro del país 500 kV

Interconexión del llano

Tecnologías de CCS más eficientes, económicas y con reducción de 80% emisiones

Almacenamiento 10% energía generada

#### 9.3.1.4.1.2 Corte al 2050

Implementación de nuevas tecnologías en fase experimental

Matriz altamente de FNCER

Participación HE 50%; Renovables 50%; GN 15% y Carbón 5% (16000 MW)

Solar térmica

Eólica on shore 20% y offshore 10%

Smart grids

Eliminación del cargo por confiabilidad

Generación distribuida en residencial y subsidios

Fusión nuclear

#### 9.3.1.4.2 Escenario “+ - Matrix”

##### 9.3.1.4.2.1 Corte al 2030

Implementación de respuesta a la demanda ante altos costos de tecnologías de generación

Subsidios para ajustar la factibilidad de lo nuevo

El mando de las buenas intenciones

Solo entran pocos MW renovables

Desarrollo de diversas políticas para FNCER

Poca actualización en tecnología

Degradación del parque generador

9.3.1.4.2.2 Corte al 2050

Tecnologías costosas

Mercado con precios altos

9.3.1.4.3 Escenario “- - Another brick in the wall”

9.3.1.4.3.1 Corte al 2030

Trabas administrativas para acceder a beneficios de la Ley 1715

Retraso en la infraestructura

Altos precios de mercado

Crecimiento por hidráulica mediana

Racionamiento en 2022

Restricción en generación térmica por contaminación

Penetración de renovables en zonas estratégicas

Poca inversión extranjera

Programas de respuesta a la demanda sólo en periodos de confiabilidad crítica

Mayor costo en inversión en cuando a tecnologías de CCS

Se favorece la neutralidad tecnológica

Nuevas plantas con las mismas tecnologías

No más proyectos de grandes hidroeléctricas

Incremento en termoeléctricas

9.3.1.4.3.2 Corte al 2050

NO al SINEA

Problemas de abastecimiento

Matriz no diversificada y dependiente de fósiles

Desarrollo limitado de FNCER

Escasez de recursos para consumo interno

Sistema eléctrico vulnerable

#### 9.3.1.4.4 Escenario “- + Dukes of Hazzard”

##### 9.3.1.4.4.1 Corte al 2030

3500 MW de generación a carbón

Limitaciones al acceso de capital

Ineficiencia de la red

##### 9.3.1.4.4.2 Corte al 2050

Alta implementación de ER 90% del mercado grandes jugadores

Poco crecimiento económico

#### 9.3.1.5 Sector Transporte:

##### 9.3.1.5.1 Escenario “+ + Alan Turing”

###### 9.3.1.5.1.1 Escenario al 2030

Inclusión de vehículos híbridos y eléctricos

Incremento de Car-sharing

Inversiones públicas y privadas en estaciones de carga

Políticas para el control de ruido

Aumento en la eficiencia de las baterías y por ende reducción en sus costos

Generación de electricidad más económica

Restricción en los horarios de recarga para evitar una sobrecarga del sistema

Política de reducción de emisiones

Avances en la masificación del transporte público

Programas de educación para usuarios en cuanto

Educación en operación y mantenimiento de tecnologías eléctricas

Vehículos híbridos (biodiesel) para el transporte de carga

###### 9.3.1.5.1.2 Escenario al 2050

Debido a conciencia ambiental se tiene crecimiento en el uso del transporte público masivo

Integración de las redes eléctricas con otros países para hacer favorables los precios

Inversión en la infraestructura para la transmisión y distribución de electricidad

Transporte público eléctrico

Diversificación del transporte (no únicamente eléctrico)

Reducción en los impuestos para la importación

Política de recambio de tecnología para transporte de carga

Reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero

9.3.1.5.2 Escenario “+ - Matrix”

9.3.1.5.2.1 Corte al 2030

Gran aumento en la eficiencia de los motores de combustión

Fallas en la tecnología Ej: explosión de baterías desacreditando la tecnología

Baja en el precio del petróleo que en adición a los altos costos de los vehículos eléctricos causan una desaceleración en la transición

Política de reducción de emisiones

Avances en la masificación del transporte público

Educación en operación y mantenimiento de tecnologías eléctricas

Políticas para la prohibición de vehículos con motores de combustión

Incremento en el número de motocicletas

9.3.1.5.2.2 Corte al 2050

Incremento en los precios de generación y transmisión

9.3.1.5.3 Escenario “- - Another brick in the wall”

9.3.1.5.3.1 Corte al 2030

Se eliminan barreras para la compra de vehículos usados

No hay inversión en la infraestructura de estaciones de carga de vehículos eléctricos

No hay mejora en la infraestructura de transmisión y distribución

Aumento significativo de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero

Baja la oferta de carros eléctricos por bancarrota de principales empresas productoras, causando un aumento en los precios y por ende un retraso en la penetración de la tecnología

No hay políticas de chatarrización permitiendo la circulación de tecnologías de combustión obsoletas

No hay políticas de educación al usuario

Cambio en las políticas nacionales relacionadas con la eficiencia energética y/o reducción de emisiones

Lobby de las compañías petroleras con el gobierno

Se da subsidio a la gasolina

Incremento en el número de motocicletas

#### 9.3.1.5.3.2 Corte al 2050

Por el cambio climático se presentan sequías, escasez en el viento y sol y se encarece la energía eléctrica

Incremento en los precios de generación y transmisión

#### 9.3.1.5.4 Escenario “- + Dukes of Hazzard”

##### 9.3.1.5.4.1 Corte al 2030

Políticas para bloquear la entrada de tecnologías nuevas

No hay disponibilidad de tecnologías por falta de acuerdos o políticas

Impuestos para la electricidad, limitando el uso de vehículos eléctricos

Impuestos en la importación de vehículos eléctricos

Conflictos con países vecinos ocasionando importación de nuevas tecnologías disponibles

Lobby de empresas manufactureras de motores de combustión y el gobierno

No hay políticas de chatarrización permitiendo la circulación de tecnologías de combustión obsoletas

No hay políticas de educación al usuario

Cambio en las políticas nacionales relacionadas con las eficiencia energética y/o reducción de emisiones

Lobby de las compañías petroleras con el gobierno

Se da subsidio a la gasolina

### 9.3.2 Ideas Claves del Ejercicio PESTEL por sector:

#### 9.3.2.1 Sector Industria

Eduardo Lora: El rol de la complejidad en el cambio tecnológico en las ciudades colombianas

#### **Políticas:**

La estrategia (plan de desarrollo) del país debería enfocarse en facilitar el desarrollo del know-how colectivo, dado que el desarrollo económico (visto desde el ingreso per cápita) se entiende mejor desde la diversificación de la economía que desde factores como los recursos naturales, la educación y políticas macro.

Generar sinergias entre ciudades que acerquen al país a nuevos productos/sectores, al complementar los conocimientos necesarios según el mapa de similitud tecnológica presentado.

Implementar estrategias de diversificación inteligente (nuevos mercados y nuevos productos)

Cuando hay conocimiento puede mobilizarse el capital, pero no viceversa. [Aunque generalmente, si el capital es bien administrado, no es una restricción importante para el cambio tecnológico]

### **Económicas:**

Actividades de mayor valor y complejidad, con personal más calificado.

El nivel de complejidad de la economía es mejor predictor para la capacidad de crecimiento del país

Una mayor complejidad productiva llevará a una mayor tasa de formalidad

Estima que el crecimiento de Colombia a mediano será de un 3%

Los sectores más complejos crecen más rápidamente. [y por lo tanto no es posible proyectar el crecimiento por sectores]

### **Socio-culturales:**

La diferencia en el ingreso per cápita de diferentes países ha ido aumentando en una tasa exponencial, que puede ser explicada por las diferencias en el know-how colectivo de cada país.

### **Tecnológicas:**

El mapa de similitud tecnológica de los países puede mostrarnos oportunidades para alcanzar sectores más complejos cuya tecnología (conocimientos productivos) son similares a otros que ya se vienen realizando en el país. [Relación Cercanía/complejidad de los subsectores]

### **Ecológicas:**

Los productos más complejos tienden a usar menos energía

Analizar tecnologías por su evaluación de ciclo de vida de insumo-producto

*Sioshansi: El futuro de la Energía, innovación, disrupción y transformación*

### **Políticas:**

Aún sin normativa que los obligara, California se comprometió a disminuir las emisiones. (en 2010 tenían el plan de llevar las emisiones a niveles de los años 1900)

### **Económicas:**

En California, la industria representa un bajo porcentaje en el consumo energético, esto debido a que no son intensivos en industria pesada.

### **Socio-culturales:**

¿Estamos contentos con el statu quo?, si no, hay que darle razón de moverse.

### **Tecnológicas:**

La recomendación es de ir a la vanguardia tan pronto como sea posible, no hacer cosas que serán obsoletas en 20 años, sino pensar en qué tecnología se requerirá en 20 años

Buscar edificios que se autoabastezcan de energía "Zero Net Energy"

La transformación energética está sucediendo y más rápido que nunca, por lo que hace el futuro muy difícil de predecir [extrapolar el pasado no es útil en este caso]

#### **Ecológicas:**

Que las energías renovables reemplacen a los energéticos con emisiones

En Estados Unidos, por primera vez las emisiones de gas natural sobrepasaron las de carbón. Sioshansi llama al gas natural un “puente” que debemos aprovechar para pasar rápidamente a otras fuentes energéticas más limpias antes de que el puente mismo se vuelva un problema.

*Gabrial: Modelado de sistemas de energía para informar sobre políticas energéticas y climáticas*

#### **Políticas:**

Reino Unido: líder en lucha contra el cambio climático. Tienen departamentos en el gobierno dedicados a buscar la disminución de las emisiones.

Han definido un presupuesto de consumo de carbón [cada 5 años]

#### **Socio-culturales:**

Aspectos morales en la decisión del uso de recursos y tecnologías energéticas, ¿ir por el más barato, aunque sea el de mayores emisiones?

#### **Económicas:**

Ver el escenario al 2050 como una meta, donde los primeros cortes serán relativamente fáciles, pero cuando nos toque buscar otras opciones de energéticos se volverá costoso y tendremos que estar preparados para ello.

#### 9.3.2.2 Sector Terciario

Eduardo Lora: El rol de la complejidad en el cambio tecnológico en las ciudades colombianas

#### **Políticas:**

Una política macroeconómica no permite el desarrollo económico de los países o regiones

La correlación de actividades que realiza un país, es un impulso para mejorar la complejidad mediante el análisis de las actividades conexas

Se necesita una estrategia para diversificar inteligentemente las actividades productivas, además de aumentar la capacidad de producción de otros productos relacionados

La política no posee demasiada influencia en la capacidad exportadora de los países

#### **Económico:**

La complejidad de los países es el indicador de la diversificación de la canasta exportadora de productos

Los países con mayor conocimiento logran tener mayores actividades productivas y mayor diversificación de su canasta exportadora

Los países con poco conocimiento les es difícil mantener el ingreso per-cápita, debido a que realizan pocas actividades productivas y una crisis puede llegar a ocasionar problemáticas en su ingreso.

Colombia posee un crecimiento potencial del 3% del PIB en los próximos años

Los países que tienen mayor complejidad de su producción influye directamente en un mayor empleo formal

Los recursos naturales es un indicador de la riqueza de un país, pero esto no indica que el país es complejo, depende de las actividades económicas que realice

Entre un país tenga una complejidad productiva mayor, se tiene un mayor ingreso y por lo tanto mayor productividad.

Medellín tiene una alta prospectiva a que se desarrolle el sector de servicios

#### **Social:**

A medida que pasa el tiempo la diferencia entre países se incrementa, los países ricos cada vez son más ricos y los pobres cada vez más pobres

Las personas cada vez se interesan más por tener buena educación, lo que ha ocasiona que las diferencias en educación entre países hayan disminuido su brecha

#### **Tecnológico:**

El *know – how* que posee un país depende de lo que sabe hacer, lo que permite absorber nuevas tecnologías

Algunos países producen bienes y servicios porque movilizan el conocimiento de otros países

El sector terciario no posee una alta complejidad, este se realiza en muchos lugares

#### **Ambiental:**

Entre más recursos naturales posea un país mayor es su PIB

Sioshansi: El futuro de la Energía, innovación, disrupción y transformación

#### **Político:**

Internacionalmente los países están implementando políticas de disminución de la contaminación para el 2050, incentivando el uso de energías renovables. Por ejemplo, California tiene una política de uso del 33% de energías renovables en su matriz energética para 2020 y del 50% para 2030.

Se están implementando estrategias de edificaciones Net Zero, aumentando eficiencia energética y generando energía para autoconsumo.

#### **Económico:**



Las compañías de servicios y telecomunicaciones están desplazando a las compañías que fabrican productos, observándose una perspectiva de crecimiento del sector terciario mayor a los otros sectores.

En el futuro sólo se pagará por tener disponibilidad de uso de las redes, mas no por el flujo de electrones.

Las economías se están expandiendo hacia una economía enfocada en servicios, por lo tanto, se visualiza a futuro un crecimiento mayor en el sector terciario.

En California el sector comercial representa el 37% del consumo final de electricidad, seguido por la residencia con un 32% y finalmente el sector industrial con un 15%.

Se tiene el concepto de que van a ver muchas compañías de energía eléctrica, los hogares.

### **Tecnológico**

El futuro en las edificaciones del sector terciario es tener sistemas fotovoltaicos en los techos, de esta manera se tiene independencia de la red. Esta tendencia de Net Zero está enfocada en oficinas, centros comerciales, hospitales, universidades, entre otros.

Se implementan sistemas de participación activa de la demanda, que permite al usuario final gestionar el consumo de energía y además con los sistemas de almacenamiento independizarse de la red, a esto se le denomina Prosumage: Prosumer + Storage.

### **Ambiental:**

La tendencia es a reducir las emisiones contaminantes, teniendo políticas de disminución emisiones del 40% a 2030, respecto a las emisiones que se tenían en el año 1990, y de un 80% para el año 2050.

Las construcciones son realizadas con estrategia de sostenibilidad, aprovechando los recursos naturales, siendo autosostenibles y disminuyendo la contaminación ambiental.

#### *9.3.2.3 Sector Transporte:*

Eduardo Lora: “El rol de la complejidad en el cambio tecnológico en las ciudades colombianas”

### **Político:**

El análisis de complejidad sirve como insumo para determinar hacia dónde se deben dirigir las políticas

### **Económico:**

El buen uso del know-how permite la producción de bienes y servicios

La microeconomía no permite la explicación de diferencias, mientras que la macroeconomía sí

La productividad que se tenga depende altamente de los recursos naturales con los que se cuenta

En las áreas metropolitanas se concentran os mercados y por ende la economía

### **Social:**

El grado de educación que se tenga, entendido como el saber hacer, impacta fuertemente la productividad

Por medio del know-how colectivo se evidencian las capacidades del equipo

Tecnológico Tener y saber utilizar la tecnología son conceptos muy diferentes

Existe una similitud tecnológica entre algunos productos que permite la ampliación de la productividad de las regiones

Existe una relación entre complejidad y uso energético

### **Ecológico:**

La disminución del consumo energético en las actividades productivas permite apuntar hacia una sostenibilidad

### **Legal**

Leyes de propiedad intelectual

Sioshansi: "The future of power, innovation, disruption & transformation in energy"

### **Político:**

Políticas enfocadas a combatir los efectos del cambio climático por medio de la utilización de energías renovables

### **Económico:**

A pesar de los precios bajos a nivel mundial para los combustibles, se da inversión en renovables

### **Social:**

El sector residencial es el de mayor consumo energético en California, por ende se deben enfocar los esfuerzos desde el lado de la demanda

Consumidores están pasando a ser productores convirtiéndose en prosumers

### **Tecnológico:**

Es necesario pensar en el desarrollo de tecnología que no quede obsoleta en poco tiempo

Cada vez son más los ejemplos de "zero net" y BIPV (edificios que tienen integradas celdas fotovoltaicas) para propio abastecimiento de energía

### **Ecológico:**

El no uso del carbón en la generación y el creciente uso de carros eléctricos permiten una disminución en la contaminación en California

**Legal:**

Se espera que para 2020 se tenga una regulación clara para los edificios de consumo neutro

Gabrial: "Energy modelling to establish energy and climate policies"

**Político:**

En el Reino Unido se tienen políticas favorables para la autogeneración en los sectores residencial y de comercio

El Brexit trajo como efecto el cierre del Department for Energy and Climate Change

**Económico:**

Se han dado inversiones importantes en el sector energético

**Tecnológico:**

Las herramientas que permiten el modelamiento de cambio climático y su relación con la energía se vienen trabajando desde 2002

**Ecológico:**

Se han establecido regulaciones en torno al cambio climático

## 9.4 Resultados y las recomendaciones de las exposiciones de los resultados del trabajo en cada mesa

### 9.4.1 Sector Industria:

#### PIB industria:

En los escenarios “+ + Alan Turing” y “- - Another brick in the Wall” se considera un crecimiento del PIB industrial con cortes como se muestra a continuación:

Escenario "+ +"		Escenario "- -"	
2016	4,00%	2016	2,50%
2020	4,50%	2020	2,50%
2025	5,00%	2025	2,50%
2030	5,00%	2030	2,00%
2050	5,00%	2050	2,00%

Para el escenario (+ +):

El anterior PIB se definió teniendo en cuenta un fenómeno que se ha venido dando en los últimos años que llaman el “desacople de la industria”. En 2008 hubo una fuerte caída en la participación – o crecimiento- del PIB de la industria manufacturera, representada también en mayores importaciones para el consumo de los hogares. La industria empezó a recuperar el mercado interno antes de dedicarse a exportar más, por lo que seguirá creciendo en el país hasta acoplarse (esto se dará hasta el 2024-2025).

Para el escenario (- -):

Se considera que la industria se queda estancada, que en este largo periodo el crecimiento será mínimo, tal como se muestra en la tabla anterior.

#### Crecimiento consumo energético

Dada la estrecha relación que tiene el consumo energético y el PIB de un país, en el modelo se había calculado un referente para saber cuántos puntos porcentuales aumentaría el consumo energético con respecto al crecimiento del PIB industria. Este valor fue hallado con un promedio de los últimos años, de información tomada del DANE y del BECO, cuyo resultado fue de 1.36 (que no se modificó dado que les pareció coherente) para ambos escenarios.

#### Eficiencias en la tecnología

En las tecnologías, es necesario revisar puntos críticos como las pérdidas en la distribución de calor controlada, que se tendrá que ver reflejada también en las eficiencias definidas en el modelo de cálculo trabajo en el taller y que se presentan a continuación:

	EFICIENCIAS E INNOVACIÓN (+ +)		EFICIENCIAS (- -)	
	2030	2050	2030	2050
Aire acondicionado	15%	25%	5%	10%
Fuerza Motriz	13%	20%	5%	10%
Iluminación	30%	50%	10%	20%
Refrigeración	15%	20%	5%	10%

Generación de calor Directo	16%	40%	4%	12%
Generación de calor Indirecto	16%	40%	4%	12%
Otros Usos [identificar]	5%	10%	2%	3%

Escenario (+ +):

Dado que los mayores consumos del sector (y todos sus subsectores) se concentra en la generación de calor -especialmente hornos y calderas-, es un punto crítico a tratar, y donde además se han identificado tendencias que llevan a pensar que es muy posible alcanzar las eficiencias descritas en menos tiempo del esperado.

Cabe mencionar que las anteriores eficiencias van a llegar a un punto en el que el crecimiento de la energía útil consumida atenderá más a cambios por innovación que por eficiencia (de lo contrario no sería sostenible).

Escenario (- -):

Como se ha mencionado, es un escenario donde la economía queda estancada y la eficiencia que se presenta va a ser inercial comparada con el potencial que tendría si las condiciones de políticas y costos fueran favorables.

Matriz energética:

Escenario (+ +):

Adicional a lo anterior, se consideró una reubicación de la matriz energética como se presenta en la tabla a continuación, donde el principal cambio definido es la disminución progresiva del consumo de carbón mineral y un aumento (más sutil) de electricidad y auto/cogeneración:

	Escenario "+ +"		
	2015	2030	2050
<b>Bagazo - Biomasa</b>	15,8%	19,0%	22,0%
<b>Carbón Mineral</b>	26,7%	14,0%	5,0%
<b>Gas Natural</b>	32,9%	37,0%	35,0%
<b>Electricidad</b>	12,4%	15,3%	18,3%
<b>Autogeneración y Cogeneración</b>	4,0%	6,4%	11,4%
<b>Otros</b>	8,3%	8,3%	8,3%

El escenario "- -" no aparece en la tabla anterior dado que se considera que no hay cambio en el mercado, y por lo tanto, se supone la misma estructura del 2015 para el horizonte definido.

#### Otras conclusiones de la exposición:

La principal discusión alrededor de todas las mesas fue que la eficiencia que se le estaba asignando a las tecnologías era muy conservadora

No es solo pensar en qué otros energéticos queremos usar en el futuro para los diferentes usos, sino también es pensar si realmente tenemos la capacidad de instalarlos y manejar los montos requeridos (al menos dentro del horizonte definido)

Específicas para el escenario “+ +”:

Hay un mercado que muestra la necesidad de cambio, por lo tanto, busca las tecnologías adecuadas

Hay diversificación en condiciones favorables de costo-beneficio

Otros sectores de la economía se industrializan, y esto nos ayuda a diversificarnos cada vez más. Ejemplo: Agricultura, manejo de aguas.

Podemos afrontar un cambio estructural, el recambio de tecnología se podría dar aún con un aumento en la TRM.

#### 9.4.2 Sector Residencial:

La tasa de crecimiento poblacional, actualmente se toma la tasa de crecimiento estipulada por el DANE, debe analizarse cuidadosamente ya que puede estar siendo muy conservadora. Se sugiere revisar bibliografía alterna.

El modelo actual plantea un punto de saturación cuando todos los hogares colombianos cuenten con máximo establecido de electrodomésticos como una nevera, una lavadora, dos televisores, 6 bombillos por citar algunos. Los expertos enuncian el fenómeno “*energy rebound*” el cual plantea que una sociedad tenderá a aumentar su consumo energético a medida que los electrodomésticos y procesos sean más eficientes.

En la construcción de los diferentes escenarios es importante asignar una probabilidad de ocurrencia

#### 9.4.3 Sector Terciario

Variables económicas

##### **Crecimiento del PIB**

En un escenario positivo, el crecimiento en el PIB nacional estaría en un 4%, teniendo en cuenta que se espera que el sector terciario sea uno de los sectores con crecimiento más acelerado, la relación entre el PIB sectorial y el PIB nacional sería de 1,026 (sin incluir transporte). Para el escenario negativo un PIB sectorial podría estar fácilmente en el 2% hasta el 2030 y caer al 1% del 2030 hasta el 2050.

Se espera que el sector terciario para el año 2030 posea una participación en el PIB de Colombia aproximadamente del 45%, y para el año 2050 la tendencia es que esta participación aumente a valores del 55%.

##### **Mayor eficiencia, mayor consumo**

Se espera un gran aumento de la eficiencia energética en iluminación y en sistemas de refrigeración y acondicionamiento de espacios. Este aumento en la eficiencia lleva a una disminución en el costo

de los equipos de uso final, lo que conllevaría a incentivar la compra de más dispositivos e incluso se consumiría mayores cantidades de energía, si no se realizan programas de cultura de la eficiencia energética.

Este fenómeno genera que el ahorro energético producido por el incremento en la eficiencia de equipos de uso final sea contrarrestado por el aumento de sistemas que consumen energía. Este fenómeno es conocido como Energy Rebound Effect.

Nuevas tecnologías

### **Iluminación**

En la actualidad una oficina normal consumen  $20\text{W}/\text{m}^2$  en iluminación con sistemas fluorescentes, una oficina eficiente consume  $7,5\text{W}/\text{m}^2$  (37,5% del valor normal) con sistemas de iluminación LED y en laboratorio se alcanzan valores de  $5\text{W}/\text{m}^2$  (25% del valor normal), estos valores se logran con LEDs de alta eficiencia, sistemas de captura de luz natural, dimerización automática, etc. Se espera que para el 2030 la penetración de estas tecnologías, que ya se están usando, sea muy alta y lo que hoy es una oficina eficiente, en el 2030 sea una oficina normal; para el año 2050 es más difícil predecir, pero se podría pensar en consumos por debajo de lo que hoy se logra en laboratorio ( $< 5\text{W}/\text{m}^2$ ).

### **Refrigeración y acondicionamiento de espacios**

Entre las tecnologías que se está empezando a usar para el control de la temperatura se encuentra la refrigeración radiante, inverters y se está aumentando el uso de chillers, variadores de frecuencia y recambio de refrigerante que aumenten el intercambio de temperatura. Todos estos sistemas están contribuyendo al aumento de la eficiencia energética.

Los aparatos usados en estas aplicaciones tienen una vida útil entre los 20 y los 25 años por lo cual el cambio hacia nuevas tecnologías más eficientes es lento.

Para el 2050 la distribución de aire acondicionado no va a ser por aire, va a ser por calentamiento o aire acondicionado radiante, mejorando la eficiencia en aproximadamente un 75%. Se tienen criterios de gestión de los aires acondicionados, como lo son: temperatura del ambiente, humedad, vestimenta de las personas, temperatura radiante y la actividad que se esté realizando (deporte, trabajo de oficina, etc); estos parámetros permitirán adecuar el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado a los niveles adecuados de temperatura.

### **Refrigeradores**

Los cambios tecnológicos en refrigeradores no están siendo sustanciales. En estos sistemas se está optando por mejorar con variadores de frecuencia en compresores y en el recambio de refrigerantes, con el fin de tener un intercambio térmico más eficiente.

### **Fuerza motriz**

Independientemente de la aplicación o el uso final la fuerza motriz se realiza con motores, así que la eficiencia en este uso está enfocada en la eficiencia de los motores o en el control de los mismos,

los nuevos motores son más eficientes con lo que solo con el cambio del mismo ya se logra mejorar la eficiencia. En fuerza motriz entre las tecnologías que aportan a mejorar la eficiencia de los motores se encuentran los variadores de frecuencia y la recuperación de energía en ascensores, además del uso de sistemas inteligentes para el monitoreo y control de motores.

En relación a los ascensores y escaleras eléctricas, no se presentan muchas posibilidades de recambio, debido a que el cambio de estos sistemas resultado en altos costos, por cuestiones de infraestructura.

### **Equipos de oficina**

En estos equipos no se ve alguna tecnología novedosa que pueda cambiar drásticamente el consumo energético respecto a los equipos utilizados en la actualidad, aunque se debe hacer seguimiento a la evolución de las impresoras 3D, evaluando su grado de saturación en el sector y su consumo energético.

### **Generación de calor**

La implementación de sistemas de energía solar térmica para el calentamiento de agua y acondicionamiento de piscinas impactará directamente sobre los calentadores a gas, disminuyendo el consumo de este energético.

La tendencia en la cocción de alimentos es a utilizar cocinas de inducción, por lo tanto, la cocción de alimentos migraría nuevamente al consumo de electricidad. Estas cocinas de inducción son más eficientes que las que usan gas, sin embargo, hay que realizar una campaña de sensibilización y concientizar a las personas que el uso de estos sistemas es eficiente.

### **Cambio tecnológico**

Las tecnologías que salen al mercado aplicadas a los diferentes usos son cada vez más eficientes en el consumo energético, por lo que, entre más rápido se cambien las tecnologías, mayor irá siendo la eficiencia general en determinado uso.

Uno de los factores por los que se da este cambio es por la terminación de la vida útil de los dispositivos, por lo tanto, entre más larga sea la vida útil de un aparato menor será la probabilidad de que sea reemplazado. Por este motivo neveras y sistemas de acondicionamiento de espacios tienen una frecuencia de cambio baja, ya que su vida útil está entre los 20 y los 25 años.

La tasa de cambio es clave en la importación de nuevas tecnologías, una tasa de cambio muy alta es un obstáculo para el ingreso de nuevas tecnologías al país.

#### **9.4.4 Sector Generación de Energía Eléctrica:**

Como resultado del ejercicio, se tiene que para el escenario Turing, la generación está liderada por hidroeléctricas pero su tasa de crecimiento es superada por otras tecnologías como la solar eólica.

Por el contrario para el escenario The Wall, aunque sigue liderando las hidroeléctricas, existe un bajo incentivo para invertir en energías renovables y se encuentran reservas de recursos fósiles a



nivel nacional, lo que impulsa la generación con este tipo de recursos en centrales térmicas hasta 2030 y ya a partir de este año se estabiliza el consumo.

Debido al calentamiento global se espera tener más periodos de sequias en donde se puede comprometer la generación hidroeléctrica. Del mismo modo las demoras en el trámite de las licencias ambientales para la construcción de centrales hidroeléctrica, hace que se vuelva más atractivo invertir en centrales térmicas

Los sistemas fotovoltaicos han experimentado gran desarrollo en poco tiempo.

### **TRANSPORTE:**

La cuantificación de la demanda de energía para el sector transporte, debido a la gran discusión que resultó durante el ejercicio, pudo realizarse únicamente para el escenario Turing, es decir el de diferencial de precios favorable y políticas favorables.

Se discutió que la tasa de motorización es un criterio fundamental a considerar para fijar los porcentajes de crecimiento de la flota nacional. Se tomaron como metas que para 2030 que 1 de cada 2 personas debería tener un vehículo y que para 2050 la relación debería ser de 6 vehículos por cada 10 personas.

En cuanto a la tasa de chatarrización se consideraron las vidas útiles de cada una de las categorías de forma que si un automóvil tiene 15 años de vida útil el porcentaje de chatarrización debería ser alrededor del 7% para que al cabo de 15 años se dé la renovación total de la cantidad de automóviles y de forma similar para cada una de las categorías. En este punto se presentó una gran discusión de cuál debería ser la vida útil de un automóvil o cualquier otro tipo de transporte terrestre, y se comparó con la vida útil en países como España.

Para no entrar en una discusión más profunda se consideró que los taxis y camperos tienen el mismo comportamiento que los automóviles, sin embargo esto es una aproximación por lo que se debe analizar cada categoría por separado.

Para el caso del transporte público, se discutió que los microbuses tienen una tendencia a desaparecer, por lo que para 2050 la tasa neta de crecimiento será negativa

*Tabla 79 Resultados tasas de crecimiento y chatarrización Escenario ++*

	2013-2030		2030-2050	
	% Crecimiento	% Chatarrización	% Crecimiento	% Chatarrización
Automóviles	13,0%	7,0%	12,0%	8,0%
Taxis	13,0%	7,0%	12,0%	8,0%
Camperos	13,0%	7,0%	12,0%	8,0%
Camionetas	13,0%	7,0%	12,0%	8,0%
Motos	18,0%	12,0%	15,0%	12,0%
Buses	7,0%	5,0%	7,0%	5,0%
Busetas	9,0%	6,0%	9,0%	6,0%
Microbús	9,0%	8,0%	7,0%	8,0%
Camión	8,0%	5,0%	8,0%	5,0%
Tracto camión	9,0%	6,0%	9,0%	6,0%

Aplicando estos porcentajes se obtiene la siguiente distribución de la flota

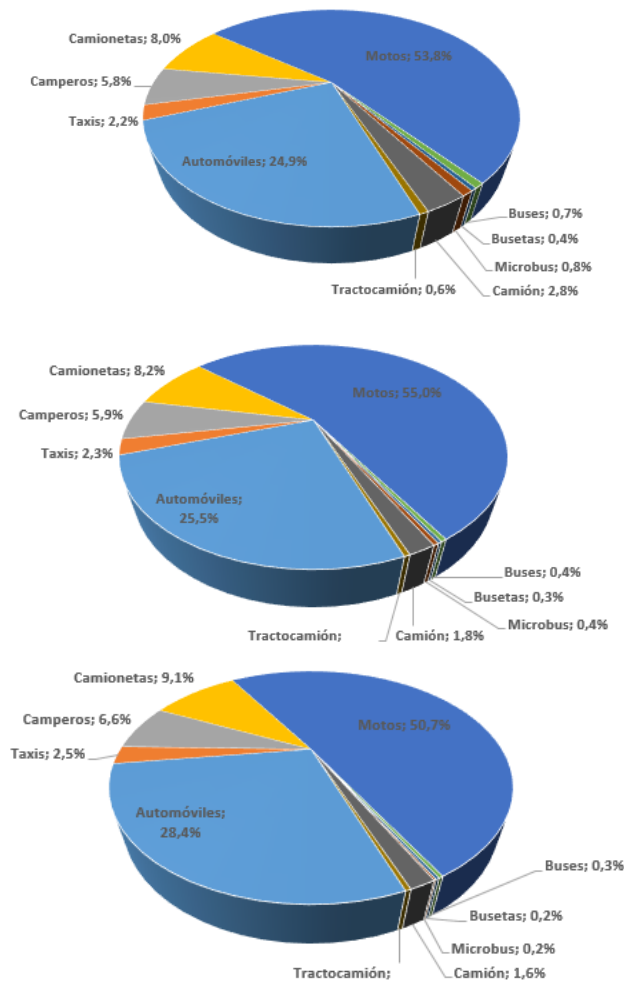


Figura 335 Distribución de la flota nacional 2013(arriba) 2030 (centro) y 2050 (abajo)

La siguiente etapa consistió en asignar el porcentaje de participación de cada una de las tecnologías en las diferentes categorías teniendo en cuenta lo discutido en el primer día.

En el caso de los automóviles, se estableció que para el 2030 solo un 5 % habrá migrado a eléctrico y se tendrá un 20 % de vehículos eléctricos, mientras que para el 50 %, el porcentaje de participación de esta tecnología alcanzará el 40 % en carros eléctricos y 57 % en carros híbridos. Para las motos, se llegará a un 80 % en el 2050 y el resto seguirán demandando gasolina.

Buses, busetas y microbuses se comportarán de manera similar. En 2030 no se tendrá consumo de gasolina, únicamente de diésel, gas, un porcentaje importante de híbridos y en menor proporción de eléctricos. Para 2050, no se tendrá consumo de diésel y se repartirá entre gas natural, electricidad e híbridos, siendo los eléctricos los de mayor participación, esto debido a las políticas desarrolladas para el transporte público.

En el caso del transporte de carga, se discutió que dadas las grandes distancias que deben recorrerse la mejor alternativa es tener una tecnología híbrida, por lo que ésta es la de mayor participación, seguida por gas y diésel en 2030. Para 2050, no se tendrá consumo de diésel y los vehículos eléctricos de este tipo aumentaran en cantidad.

Por cuestiones de tiempo no se discutieron las categorías de taxis, camperos y camionetas, por lo que se asignó el mismo valor del año base.

*Tabla 80 Distribución de energéticos por categoría 2030*

2030					
Categoría	Diésel	Gasolina	Gas	Electricidad	Híbrido
Automóviles	2%	70%	3%	5%	20%
Taxis	1%	54%	46%	0%	0%
Camperos	30%	66%	5%	0%	0%
Camionetas	29%	67%	4%	0%	0%
Motos	0%	30%	0%	70%	0%
Buses	30%	0%	20%	15%	35%
Busetas	25%	0%	20%	20%	35%
Microbús	25%	0%	20%	20%	35%
Camión	20%	5%	20%	5%	50%
Tracto camión	20%	0%	20%	0%	60%

*Tabla 81 Distribución de energéticos por categoría para 2050*

2050					
Categoría	Diésel	Gasolina	Gas	Electricidad	Híbrido
Automóviles	1%	1%	1%	40%	57%
Taxis	1%	54%	46%	0%	0%
Camperos	30%	66%	5%	0%	0%
Camionetas	29%	67%	4%	0%	0%
Motos	0%	20%	0%	80%	0%
Buses	0%	0%	20%	50%	30%
Busetas	0%	0%	20%	50%	30%
Microbús	0%	0%	20%	50%	30%
Camión	0%	0%	20%	25%	55%
Tracto camión	0%	0%	30%	5%	65%

Para la etapa de asignación del cambio de eficiencia para cada tecnología se discutió que debe ser tomada como eficiencia asociada al consumo y distancia recorrida para poder notar el cambio ya que como se estaba considerando una eficiencia mecánica que no varía mucho. Se tomó un promedio de los consumos de cada tecnología tomado de estudios y ese valor fue el que se aplicó para el cálculo de la demanda de energía del sector

Tabla 82 Eficiencias tecnológicas como consumo

2014				
Diésel (km/gal)	Gasolina (km/gal)	Gas (km/m3)	Electricidad (kWh/100km)	Hibrido (kWh/100km)
22,7	37,56	30	15	30
2030				
Diésel (km/gal)	Gasolina (km/gal)	Gas (km/m3)	Electricidad (kWh/100km)	Hibrido (kWh/100km)
23,7	38	30	14	30
4%	1%	0%	7%	0%
2050				
Diésel (km/gal)	Gasolina (km/gal)	Gas (km/m3)	Electricidad (kWh/100km)	Hibrido (kWh/100km)
23,7	38	30	13	30
0%	0%	0%	7%	0%

Un aspecto importante fue considerar el ahorro energético que implica el cambio de tecnología, teniendo en cuenta los consumos, obteniéndose de esta forma un ahorro de 84,7% al pasar de gasolina o diésel a electricidad.

Los resultados obtenidos para este escenario se muestran a continuación

Tabla 83 Consumo de energía línea base

Categoría	Diésel	Gasolina	Gas	Electricidad
<b>Automóviles</b>	2.830	90.485		2.629
<b>Taxis</b>	70	4.550		3.857
<b>Camperos</b>	6.675	14.640		1.032
<b>Camionetas</b>	8.794	20.668		1.362
<b>Motos</b>	-	207.301		-
<b>Buses</b>	2.281	148		268
<b>Busetas</b>	1.282	121		139
<b>Microbús</b>	1.921	677		484
<b>Camión</b>	7.081	3.183		525
<b>Tracto camión</b>	2.276	36		-
<b>Total</b>	33.211	341.809		10.297

Tabla 84 Resultados de consumo de energía para escenario Turing para 2030 y 2050

2030					2050				
Categoría	Diésel	Gasolina	Gas	Electricidad	Categoría	Diésel	Gasolina	Gas	Electricidad
<b>Automóv.</b>	3.867	154.695	5.801	4.746	<b>Automóv.</b>	3.589	105.872	3.589	40.228
<b>Taxis</b>	141	9.225	7.819	-	<b>Taxis</b>	268	17.522	14.852	-
<b>Campero</b>	13.339	29.255	2.063	-	<b>Campero</b>	25.705	56.375	3.976	-
<b>Camione.</b>	17.581	41.318	2.724	-	<b>Camione.</b>	33.864	79.586	5.246	-
<b>Motos</b>	-	120.547	-	46.027	<b>Motos</b>	-	124.075	-	81.213
<b>Buses</b>	839	489	559	149	<b>Buses</b>	-	530	706	376

<b>Busetas</b>	471	330	377	116	<b>Busetas</b>	-	434	579	308
<b>Microbus</b>	675	472	540	166	<b>Microbus</b>	-	282	376	200
<b>Camión</b>	2.669	4.003	2.669	655	<b>Camión</b>	-	5.677	4.129	1.774
<b>Tracto- camión</b>	574	861	574	141	<b>Tracto- camión</b>	-	1.459	1.346	275
<b>Total</b>	40.156	361.195	23.125	51.999	<b>Total</b>	63.425	391.812	34.799	124.373

Luego de la socialización de los resultados obtenidos de las actividades desarrolladas durante el taller, salió a relucir la importancia de considerar nuevas tendencias como UBER, share driving, uso de bicicleta ya sea convencional o eléctrica y el uso del transporte público masivo, que deben ser promovidas por políticas públicas para lograr una mejora en la movilidad. De igual forma se discutió la saturación de la infraestructura, la cual se ve como un limitante para lograr una tasa mayor de motorización comparable con la que tienen países desarrollados. En cuanto al transporte de carga, se evidenció cómo es necesario que se considere un cambio en éste con fines de lograr un comercio sostenible

Es necesario impulsar el transporte terrestre por medio de carreteras 4G y determinar quién es el responsable de cuándo y cómo entran las tecnologías al país. Del mismo modo se deben evaluar los costos asociados a la construcción de tuberías para transporte de combustible líquidos o gas en comparación con los incentivos que se podrían dar para la adquisición de vehículos eléctricos como descuentos tributarios, sabiendo que la demanda es más sensible al costo del vehículo y no al consumo de energía que este implica.

Se criticó que el crecimiento de la flota, especialmente en el caso de particulares, que se tomó como base para la estimación de consumo de energía en el sector, exponiendo que la tendencia es de migración hacia el transporte público masivo y bicicletas, dejando a un lado el uso de vehículos particulares.

## 9.5 Conclusiones que salieron del cierre de los expertos de las compañías y de los expertos internacionales.

### 9.5.1 Sector Industria

Dentro de las conclusiones que nos dan, es que vamos bien encaminados, y que deberíamos revisar elementos como los que se listan a continuación para complementar los análisis:

Relación natalidad y PIB per cápita

Vida útil que le da la sociedad a la tecnología

¿Cómo se controlará la variabilidad en la demanda?

Revisar los productos finales y las demandas directas e indirectas de energía (*life cycle assessment analysis*)

Según Eduardo Lora, concentrarnos en el análisis de los grandes demandantes

Analizar las endogeneidades (PIB, población eficiencia, precio petróleo, precio gas natural, composición de la oferta, tasa de cambio, etc.) pero usarlas como chequeo, mas no para volver más complejos los modelos

Robotización de la industria

La industria de Colombia deberá moverse hacia actividades de mayor valor agregado

Colombia deberá aprovechar su posición como centro geopolítico de la región.

Analizar cómo será el perfil de producción del país. Ejemplo: mix de industria y sector terciario

Uno de los procesos críticos en la industria es la producción de cemento (porque es de los mayores generadores de emisiones), que, según comenta Argos, se tienen planes para disminuir tanto el consumo de material que requiere mucha energía, como la composición misma del cemento, de manera que no haya necesidad de hornos que consuman tanto.

### 9.5.2 Sector Residencial

El principal aporte que brindaron los expertos al sector residencial es la proyección de incremento de eficiencia de algunos electrodomésticos así como la variación del porcentaje de participación de algunos electrodomésticos, debido a variación de costos o aumento de eficiencia.

A diferencia de lo que se creía el cambio tecnológico no se dará principalmente por la incursión de nueva tecnología. El cambio tecnológico se dará por el remplazo de la tecnología presente en los hogares por la tecnología de mayor eficiencia presente actualmente en el mercado, la cual debido a costos de producción no es competitiva económicamente con electrodomésticos de baja eficiencia.

Las compañías fabricantes basan la elaboración de sus productos en las condiciones de mercado presentes, se ajustan a la reglamentación de cada país. Lo que refleja un cambio tecnológico orientado por políticas nacionales más que por el comportamiento de oferta y demanda.

Se planteó la sustitución del subsidio a algunos servicios públicos, agua y electricidad, por el subsidio a electrodomésticos de mayor eficiencia. Lo cual generaría un ahorro económico tanto para el usuario como para el estado quien no tendría que subsidiar más a dicho usuario. Al establecer una tarifa única a todos los usuarios se incentiva un consumo eficiente.

### 9.5.3 Sector Terciario

Factores que no se han tenido en cuenta y se deben considerar

#### **Servicios virtuales**

Teniendo en cuenta que los servicios de informática han tenido un crecimiento del 14% anual desde el 2008, el incremento del comercio electrónico, transacciones virtuales y demás actividades en línea genera que las personas disminuyan la necesidad de la presencia física en un establecimiento, por lo tanto, la demanda energética en algunos subsectores dentro del sector terciario se verá disminuida. Esta demanda energética migraría dentro del mismo sector terciario, ya que se trasladaría a los data centers o servidores, cuya actividad está clasificada dentro del sector terciario en servicios a las empresas y quienes verían incrementada su infraestructura y su consumo eléctrico en equipos y sistemas de refrigeración.

Hay que tener en cuenta que solo una parte de esta carga quedaría en el país ya que la mayoría de servicios en la nube (Dropbox, drive, Gmail etc.) tienen sus servidores alojados en el extranjero, aunque una parte sí quedaría dentro del territorio nacional en servidores privados o en nuevos servidores que se instalen dado el incremento en la demanda en los servicios virtuales.

#### **Cambio climático**

El cambio climático es un factor crítico a tener en cuenta de cara al futuro, un aumento en la temperatura genera que los aparatos de control de temperatura como neveras y acondicionadores de aire consuman más energía para poder enfriar los espacios. El aumento de la temperatura también ocasionaría que en regiones históricamente templadas o incluso frías se empiece a ver un aumento en la compra y uso de sistemas de acondicionamiento de espacios, esto generaría un gran impacto en la demanda energética de todos los sectores de la economía.

Con el cambio climático no solo se afecta el consumo energético vía aumento de temperatura, sino que generaría una serie de factores caóticos (como el incremento del nivel del mar en regiones costeras) que harían muy difícil las estimaciones a largo plazo como a 2050.

#### **Cambio en la matriz energética**

La actual matriz energética del sector terciario se verá afectada por los siguientes factores:

A nivel internacional las certificaciones más recientes en la construcción, están desincentivando los procesos de combustión por temas de seguridad y salud humana, estas tendencias en algún momento se plasmarán en políticas reglamentarias y finalmente llegarán a Colombia. Esto afecta directamente el consumo de gas para calentamiento de agua y cocción, lo que disminuirá la demanda de gas en el sector, trasladándose al consumo de otro energético convencional o renovable.

La eficiencia de uso de agua caliente en edificios disminuirá la demanda energética para este uso, en el cual se consume gas natural. Este factor también se suma a la reducción de la demanda de este combustible.

Si continúa la disminución en el costo de la generación fotovoltaica se verá un incremento en la autogeneración en el sector terciario, la cual hoy es cero o muy pequeña, este aumento de autogeneración ocasionará una disminución en el consumo de energía eléctrica del sistema interconectado.

En términos generales se ve una reducción en la participación del gas natural y el GLP en el sector; un aumento en la participación de los sistemas de autogeneración y una pequeña variación en el consumo de energía eléctrica del sistema interconectado, ya que si bien el aumento en la demanda de autogeneración es inversamente proporcional al consumo del SIN esto se compensa en algún factor por la migración de tecnologías de gas a tecnologías eléctricas.

#### 9.5.4 Sector Transporte:

Dentro de las conclusiones dadas por los expertos en el cierre del taller, se destacan las siguientes:

##### **Eduardo Lora**

Es necesario tener cuidado con la incorporación de las grandes endogeneidades en los modelos (PIB, población, eficiencia, precios y producción de combustibles)

La simplicidad en los modelos permite una alimentación constante y un mayor entendimiento al no presentarse como una caja negra en donde no se conoce su funcionamiento.

Emplear estudios ya existentes para corroborar que se estén obteniendo resultados coherentes.

Es necesario tener en cuenta que las personas expertas en algún tema tienden a inclinar sus opiniones y sugerencias hacia su propio interés por lo que es aconsejable contar con un grupo diverso e interdisciplinario que permita obtener una visión global que no se encuentre sesgada y se puedan lograr de esta manera buenas proyecciones.

El fenómeno de “energy rebound” entendido como un mayor consumo debido a la mejora en la eficiencia energética debe ser considerado dentro de los análisis y supuestos que se manejen a la hora de la construcción de escenarios y estimaciones de consumo energético para cada uno de los sectores

Sabiendo los avances tecnológicos que se han venido desarrollando en los últimos años en torno a lo referente a la robotización, se aconseja considerar cómo este aspecto puede impactar el comportamiento de los sectores residencial, industrial, comercio y transporte principalmente.

El cambio climático por su parte, es un tema que debido a su alto impacto sobre todo en el modo de vida de la población y por ende en sus necesidades, debe tomar mayor importancia en la estimación de la demanda energética de cada uno de los sectores

No se tiene en cuenta la economía política en la creación de los escenarios, por lo que se debe definir cómo se va a abordar este aspecto, si desde el statu quo o si se va a desarrollar de forma que se



favorezca a unos pocos que tienen gran poder sobre cada uno de los sectores. Lo anterior para conocer el estado del sector y poder abordar de manera más acertada las proyecciones.

### **Sioshansi**

Dada la gran dificultad para predecir lo que va a suceder en el futuro debido a los cambios tan inesperados en las tendencias, fenómenos naturales, cambios de gobierno y demás factores que pueden influir, pensar en proyecciones a 2050 es una tarea complicada, por lo que

“Leap-frog”: No es necesario pasar por pasos intermedios para lograr un resultado, se pueden tomar riesgos hacia las transformaciones tecnológicas que no se queden obsoletas en poco tiempo. Lo anterior aplicado al sector transporte significa que no es necesario pasar por vehículos que operan a GNV sino que se puede pensar en vehículos eléctricos que incluso funcionen sin conductor, lo que impactaría el modo de funcionamiento del transporte público en el caso de los taxis por ejemplo

“Technology disruption” Grandes compañías como Tesla, Apple y Google por nombrar algunos ejemplos, han cambiado radicalmente la forma del negocio y deberían ser tomadas como ejemplo para las transformaciones tecnológicas en los diferentes sectores en especial el de generación de potencia, en donde se han identificado grandes ineficiencias que pueden ser atacadas.

El cambio viene impulsado por tendencias como los Millennials, el continuo crecimiento de las compañías virtuales, energías renovables, bajos niveles de emisiones, mejoramiento en las baterías para el almacenamiento de energía, entre otros

### **Representante cementos Argos**

Desde el departamento de investigación y desarrollo están llevando a cabo estrategias para disminuir el consumo energético del proceso de producción de cemento.

El horno eléctrico empleado para la producción de clinker representa un consumo muy elevado por lo que la empresa se ha concentrado en alternativas para la reducción de este consumo, como por ejemplo la incorporación de aditivos por medio de procesos químicos dentro de la formulación del cemento que sustituyen el clinker como componente esencial, haciéndose innecesario el uso del horno

Se han establecido metas de reducción de gases de efecto invernadero y para lograr su cumplimiento se han desarrollado proyectos acerca de mejora en la eficiencia en los procesos de combustión

Se pretende sustituir el consumo de combustibles fósiles por combustibles alternativos y biomasa, esto con el fin de contribuir también en la reducción de gases de efecto invernadero y otras emisiones como material particulado.

Se están utilizando las llantas, las cuales son consideradas como residuos de difícil disposición, para procesos de combustión y generación de calor dentro del proceso productivo

Se lleva a cabo también el control del consumo de agua y se tienen metas de reducción de consumo de este recurso por medio del mejoramiento del proceso productivo

Existen campañas de capacitación y comunicación enfocadas hacia el fortalecimiento del elemento ambiental en la cultura organizacional

### ***Representante de Haceb***

La tendencia dentro del sector residencial apunta a volver al uso de electrodoméstico y dejar a un lado los gasodomésticos debido a los problemas asociados con el suministro de gas por una lado y por los gases liberados durante el mismo que podrían llegar a ser nocivos para la salud y peligrosos, aumentando el riesgo de explosiones e incendios

Se llevó a cabo un estudio experimental en varias viviendas de las principales ciudades del país acerca del ahorro energético por medio de la implementación de electrodomésticos de mayor eficiencia energética. Los resultados mostraron un claro ahorro en el consumo de energía.

Durante el estudio experimental se llevó a cabo un análisis costo beneficio, teniendo en cuenta la inversión requerida para cambiar los equipos a unos con mayor eficiencia y el ahorro asociado a este cambio tecnológico y se concluyó que debido al alto precio de los equipos de mayor eficiencia energética, la opción más viable económicamente hablando no es adquirir equipos más eficientes sino aquellos que le sigan eficiencia, de forma que se note la utilidad en un periodo corto de tiempo

### ***David Prosper***

El gobierno ha establecido políticas que impulsan y de cierta medida exigen que las nuevas edificaciones que se construyan sean sostenibles energéticamente hablando, es decir que entre otras cosas tengan un consumo neutro de energía.

Para lograr edificaciones de consumo neutro de energía es necesario que éstas tengan un consumo mínimo de energía, lo que se logra mediante varias estrategias que apuntan al aprovechamiento de recursos. Un ejemplo de esto es el papel que juega la arquitectura para lograr un aprovechamiento de la luz solar como iluminación natural permitiendo disminuir el gasto energético dirigido para este fin. Otro ejemplo es la utilización de aire recirculado para el acondicionamiento de interiores.

La utilización de paneles fotovoltaicos es una realidad que se vive en España y permite la autogeneración para apuntar a un consumo energético sostenible.

## 9.6 Ajustes clave entre la UPME y UJTL para cada grupo / sector. Ejercicio Retroalimentación

### 9.6.1 Sector Industria:

Se habla de las endogeneidades que se deberán tener en cuenta transversalmente a todos los sectores. Específicamente en industria, de analizar la forma como va a impactar la robotización de los procesos de manufactura el consumo energético.

Se habla de retomar un estudio realizado de estrategia de industrialización, y enfocarlo a la historia tecnológica de los subsectores (con la ayuda de expertos).

### 9.6.2 Sector Residencial:

Con el objetivo de construir un modelo de mejor presión, que se ajuste más a la realidad, y pueda proyectar mejores resultados se propone incluir las siguientes variables en el modelo actual:

Porcentaje de eliminación o sustitución de electrodomésticos, vida útil de electrodomésticos.

Transformación de vivienda: reglamentación de eficiencia para nuevas construcciones y transformación de viviendas antiguas a hogares eficientes. Un ejemplo de esto es el aislamiento térmico en los techos, el cual reduciría el consumo en refrigeración y control de temperatura ambiente.

Variación de consumo debido al cambio climático.

Como la evolución del PIB per cápita, el diferencial de costo y las condiciones políticas pueden ser potencializadores del cambio tecnológico.

### 9.6.3 Sector Terciario

Del taller de escenario se obtuvieron algunos resultados cuantitativos para el escenario más positivo y el escenario más negativo, estos resultados se observan a continuación:

Tabla 85 Variables cuantitativas resultado del taller de escenarios

	Escenarios				
	Actual 2015	Positivo		Negativo	
		2030	2050	2030	2050
<b>PIB sectorial</b>		4,1%		2,0%	1,0%
<b>Consumo energético en relación al actual</b>					
Esta reducción es debido al aumento en la eficiencia de las tecnologías asociadas					
<i>Iluminación</i>		67,5%	87,5%	33,7%	43,7%
<i>Acondicionamiento de espacios</i>		50,0%	75,0%	25,0%	50,0%
<i>Refrigeración</i>		40,0%	70,0%	20,0%	40,0%
<i>Fuerza Motriz</i>		10,0%	20,0%	5,0%	10,0%
<i>Equipos de oficina</i>		20,0%	40,0%	10,0%	20,0%
<i>Generación de calor</i>		10,0%	20,0%	5,0%	10,0%
<i>Servicios generales, otros</i>		32,9%	52,1%	16,5%	29,0%
<b>Matriz energética</b>					
<i>Energía Eléctrica</i>	71,4%	68,6%	66,0%	70,0%	70,6%
<i>Gas Natural</i>	24,0%	20,0%	12,0%	22,0%	18,0%
<i>GLP</i>	4,6%	3,4%	2,0%	4,0%	3,4%
<i>Auto y Cogeneración</i>	0%	8,0%	20,0%	4,0%	8,0%

#### 9.6.4 Sector generación de energía eléctrica

En el modelo utilizado no se tienen en cuenta posibles tecnologías emergentes y que se encuentren aún en fase de experimentación, por lo que se debe incorporar un espacio para estas.

La generación por bombeo empleando energía residual de sistemas fotovoltaico u eólicos también se debe considerar dentro de la matriz energética.

#### 9.6.5 Sector Transporte

Tras realizar la actividad propuesta para el día dos, en donde se emplearon los modelos desarrollados en Excel para lograr una cuantificación de la demanda energética, se tuvieron las siguientes observaciones relacionadas con el modelo como tal y las variables empleadas para su construcción:

Tomar la eficiencia en términos de consumo entendido como distancia/energía (ya se incorporó en el modelo)

Tener en cuenta que a pesar de que exista una adquisición de vehículos, eso no implica la utilización de los mismos por lo que la base del modelo debería centrarse en los viajes por modo y no en la flota como tal con el fin de no sobre estimar la demanda

Considerar la relación existente entre el PIB per cápita y el consumo del sector

Se pueden agrupar categorías como por ejemplo buses en general y no discriminados por el tamaño

Tener en cuenta normas ambientales que puedan impactar

Considerar la migración a bicicletas que se da desde el transporte público privado

Considerar las tendencias como UBER, share driving y Millennials que podrían generar un cambio dramático en el modo de uso del transporte terrestre

Adicionalmente, se mencionó la importancia de tener en cuenta la línea de tiempo del cambio tecnológico en Colombia para el sector, esto con el fin de identificar cómo se llevaron a cabo las políticas, es decir charlas entre cuáles participantes, y qué efectos tuvieron estas en el comportamiento del sector y consumo energético del mismo, como por ejemplo el fenómeno de dieselización. Lo anterior para poder tener una base para la propuesta de nuevas políticas que impulsen el cambio tecnológico.

### 9.7 Descripción detallada de los sectores en los escenarios planteados

#### 9.7.1 Escenario ++ Turing

Es este escenario, el diferencial de costos y las políticas que promueven el cambio tecnológico serán favorables. Colombia es un país de mayor equidad e inclusión. Se estimula y mantiene la relación Estado-Universidad-Empresa, como triada del desarrollo de la innovación, y esto potencia a que la industria evolucione y avance en el uso de nuevos procesos que han salido producto del trabajo de centros de investigación, con mejoras significativas en eficiencia. Es clave el papel que ha jugado el sector educativo, que ha favorecido la creatividad y la innovación.

Se multiplicaron las conexiones entre universidades que potencian nuevas capacidades, en beneficio del sector productivo. La I+D (Investigación + Desarrollo) será jalonada por las empresas como propiciadoras de inversión, por lo que las universidades potencian nuevas capacidades que las posicionan en términos de i+D+i (innovación) en la industria manufacturera.

Se establece un plan nacional científico y tecnológico real y estable, lo que da un mayor impulso a la investigación académica aplicada al sector real de la economía. Por otra parte, e impulsado en esta favorabilidad en el diseño de las políticas públicas inclusivas, se crea una cultura de medir y modelar individual y colectivamente escenarios de eficiencia buscando competitividad empresarial y crecimiento en la búsqueda de desarrollo de nuevos bienes y la llegada a nuevos mercados.

La industria fabril penetra nuevas actividades económicas del país; Colombia se convierte en una plataforma productiva (especialmente en términos de producción energética). Estas plataformas productivas son estructuras de trabajo que alinean las estrategias de sus agentes -nacionales e internacionales-, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible de la industria. En el largo plazo, se da una mayor flexibilidad de la economía producto de la diversificación productiva.

#### 9.7.1.1 Visión tecnológica sector Industria

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que existe un lineamiento de políticas que han incentivado positivamente los procesos de innovación y desarrollo de capacidades de evolución positiva y potenciado el desarrollo en el sector energético. Acá se vislumbra el desarrollo de sistemas de incineración y *waste to energy (WtE)*; las políticas han sido focalizadas para lograr la optimización energética en los sistemas agroindustriales del país, aumentando la competitividad y se fortalecen los incentivos para la adquisición y uso de tecnologías eficientes energéticamente, dada una política decidida a potenciar el uso de estas tecnologías de manera masificada. Por otra parte, se presenta el desarrollo de la catálisis avanzada aplicable a la combustión de residuos, y se vislumbra una mayor participación de la autogeneración y cogeneración en la industria manufacturera.

La política pública en materia energética ha incentivado decididamente el desarrollo de *smartgrids*, las ciudades inteligentes son potenciadas en clústeres productivos que tienen sistemas de medición inteligente (bidireccionalidad). En este escenario tecnológico, se da el desarrollo de Internet de las cosas a una mayor velocidad. La nanotecnología se vuelve fundamental en el uso de los desarrollos manufactureros y Colombia ha logrado integrarse en algunas cadenas de valor del tema.

La generación local de energía solar principalmente, y de otras energías sostenibles, adquiere gran importancia y ha reconfigurado la generación en la matriz energética.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que la velocidad de adopción y de adaptación tecnológica ha sido sumamente favorable para potenciar el uso de nuevos desarrollos energéticos en el sector manufacturero que han incrementado la eficiencia energética y por ende, el valor agregado, con menores costos asociados al mayor uso intensivo de la tecnología. Mayor complejidad y diversificación tecnológica en la industria han sido el desafío asumido e implementado. Se da un fuerte aumento de intensidad eléctrica (más Kwh/\$) en los diferentes

procesos industriales, lo que hace que su uso se potencie aún más y el diferencial de costos disminuya.

Se desarrollan métodos de inteligencia compartida aplicables automáticamente al sector productivo, lo que genera eficiencias productivas a escala.

#### 9.7.1.2 *Visión tecnológica sector residencial*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que, en la focalización hacia el sector residencial en el uso eficiente de los energéticos, se da una fuerte evolución hacia el cumplimiento de metas de RETIQ. Asimismo, los electrodomésticos que usan la gran mayoría de hogares colombianos presentan un aumento significativo en el uso eficiente de los recursos, y a eso se le suman las políticas inclusivas, focalizadas en incentivos tarifarios que premian la eficiencia y el ahorro, como uso racional y eficiente de la energía en los hogares. El país se vuelca con campañas de generación de incentivos para la sustitución de electrodomésticos viejos y de poca eficiencia.

Entre los aspectos más destacables de este escenario se encuentra el uso pleno de aspectos de medición inteligente en una proporción significativa de los hogares nacionales, que permite, entre otros aspectos, conocer el consumo desagregado por electrodoméstico.

Se dan mecanismos regulatorios que incentivan la creación de tarifas basados en rangos de consumo, como parte de la respuesta a la demanda en el consumo energético.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa la evolución creciente en el desarrollo de una programación inteligente y adaptativa para los electrodomésticos, un consumo en función de carga y de condiciones externas. Asimismo, para este período de tiempo se evidencia una alta penetración de electrodomésticos de línea blanca en los hogares colombianos, con un factor potencial de calidad y sostenibilidad, reflejado esto en mejoras de eficiencia y durabilidad de estos bienes.

Por otra parte, se da el fenómeno de incursión de hogares autosuficientes y autogeneradores, con capacidad de convertirse en pequeños generadores de electricidad que venden sus excedentes al distribuidor en la red. Asimismo, la evolución tecnológica lleva a desarrollos muy efectivos para buscar soluciones sostenibles y que generan energía. Por ejemplo: aires acondicionados capaces de generar electricidad.

Las costumbres tradicionales para los usos tecnológicos se transforman significativamente; por ejemplo, se da un cambio radical de los hábitos tradicionales (impresión de comida, sustitución de comida tradicional por comida que no requiera calor para su preparación), lo que da procesos de innovación radical significativos.

#### 9.7.1.3 *Visión tecnológica sector terciario*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se populariza la eficiencia en iluminación LED de alta eficiencia, y estos sistemas son usados en mayor medida, disminuyendo el consumo energético en iluminación. Se proyecta que ingresen los sistemas de energías renovables

para ser utilizados en las edificaciones, además de la implementación de *microgrids*. Asimismo, se masifica la instalación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo de energía eléctrica.

Los usuarios tienen una participación activa en la demanda de energéticas, al establecerse la oportunidad de generar su propia energía para el autoconsumo y la venta de excedentes a la red de energía del sistema eléctrico de potencia. Se prevé que las nuevas construcciones realizadas en el sector terciario son con diseño bioclimático y materiales eficientes, disminuyendo el uso de iluminación y acondicionamiento de espacios.

Por otra parte, la estandarización de piezas y materiales de construcción permite que se realicen infraestructuras con redes eficientes, disminuyendo pérdidas de energía eléctrica. Se percibe una alta dinámica en el mercado en servicios y equipos orientados a la eficiencia energética. Asimismo, se da el pleno mejoramiento de sistemas de control de aires acondicionados, disminuyendo pérdidas y aumentando eficiencia.

El internet de las cosas y gestión remota de cargas, permitirá tratar de manera adecuada el consumo de energía en las edificaciones del sector servicios. La energía solar térmica para calentamiento de agua y acondicionamiento de piscinas se usa plenamente, disminuyendo el consumo de gas natural. Se incrementa el comercio electrónico, lo que impactará directamente en la necesidad de locales físicos para la prestación de servicios con tendencias a la baja, pero si aumentan los rubros de logística y distribución.

Los precios del petróleo serán altos, de manera que se incentive el uso de otras fuentes de energía. Se tendrá un financiamiento de bajo costo para la renovación energética y se implementarán políticas que permitan tener bajas tasas de interés para la inversión en sistemas eficientes de energía. Por otra parte, las políticas públicas favorecen la implementación de sistemas de construcción sostenible.

Se implementan políticas de restricción del uso de materiales contaminantes, por ejemplo, el uso del mercurio en sistemas de iluminación. La participación activa del gobierno logra promover autorregulaciones y estándares exigentes para su propio consumo energético; La obligación de tener personal para la gestión eficiente de la energía en usuarios con altos consumos de energía eléctrica, se vuelve una realidad en el sector terciario.

Las obligaciones de reporte de consumo de energía anual por parte de los usuarios del sector energético, contribuye a establecer programas de gestión eficiente de la energía. En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que la principal fuente energética será renovable, y la mayoría de usuarios contará con sistemas de generación distribuida para el autoconsumo.

Se implementan políticas que reglamenten el carácter obligatorio de moverse a *Net Zero*. La distribución energética es por *smartgrid* y se da en pequeños distritos. Algunas tecnologías avanzarán porcentualmente en el número de usuarios atendidos, por ejemplo, los sistemas de iluminación con captura de luz natural por medio de fibra óptica denominada transmisión directa *solar tub*, disminuyendo los requerimientos de energía de la red. También los aires acondicionados por intercambiadores geotérmicos, lo que aumentará la eficiencia de estos sistemas.

Se implementan subsidios para incentivar nuevas tecnologías eficientes de energía en locales, edificios, etc. Asimismo, se implementan políticas que indican topes máximos de uso de energía convencional no eficientes por consumo total en empresas de servicios.

#### 9.7.1.4 *Visión tecnológica sector generación de energía eléctrica*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se prevé un incremento en la generación distribuida (a boca de pozo con gas) por parte de las grandes empresas/organizaciones, el desarrollo de generación en ZNI que permite una mayor cobertura y eficiencia de prestación del servicio de energía eléctrica.

Existe la medición eficiente de consumo y el crecimiento de la autogeneración, así como de generación 20% Fotovoltaica principalmente en la costa atlántica; la demanda eléctrica es duplicada aumentando significativamente la intensidad energética; la participación del 30% de renovables (no hidroeléctricas) en la matriz de generación se configura como un excelente uso de los recursos de energías alternativas. Hay desarrollo de políticas para inserción de FNCER de manera clara y efectiva. Se potencia el desarrollo centralizado del mercado y señales de techo con FNCER. El marco normativo ambiental es estable y real, así como existe un marco regulatorio en beneficio de tecnologías renovables y auto sostenibles para generación.

Por otra parte, son cada vez más las empresas que proyectan un incremento en la generación de gran escala; ante los mayores costos de implementación, el uso de carbón limpio se estanca y se potencia la generación filo de agua en Antioquia, Boyacá y la Región Andina, como particularidades destacadas; se dan incentivos para la generación con FNCER que llevan a una configuración de la siguiente manera: eólica 2000 MW, solar 1000 MW y un Plan de expansión eólica al 2050 en 3000MW; 500 MW distribuidos en solar en techos. Se amplía la Interconexión al Llano.

Se implementa tecnologías de CCS más eficientes, económicas y con reducción de 80% emisiones; se presenta el desarrollo de tecnologías que permiten el almacenamiento del 10% de la energía generada.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que la implementación de nuevas tecnologías en fase experimental se potencia; La matriz de generación está fuertemente compuesta por FNCER: se estima una participación HE 50%; Renovables 50%; GN 15% y Carbón 5% (16000 MW); la energía solar y térmica son cada vez más representativas, en particular, eólica *on shore* 20% y *offshore* 10%. Se potencia el uso de *Smartgrids*. Se elimina el cargo por confiabilidad y se potencia la generación distribuida en el sector residencial, se dan subsidios para potenciar su uso. Se dan desarrollos en fusión nuclear para generación en el país, a una escala reducida, pero se plantea con potencial a futuro.

#### 9.7.1.5 *Visión tecnológica sector transporte*

Hacia el año 2030 se observa que existe una mayor inclusión en la flota de vehículos híbridos y eléctricos; se da un Incremento del *Car-sharing*. Por otra parte, se potencian las Inversiones públicas y privadas en estaciones de carga y existen lineamientos claros de políticas para el control de ruido, así como un aumento en la eficiencia de las baterías y por ende reducción en sus costos.



La generación de electricidad es más económica y aumenta la intensidad energética. Existen claros lineamientos hacia la restricción en los horarios de recarga, para evitar así una sobrecarga del sistema; se da una política de reducción de emisiones y grandes avances en la masificación del transporte público; Se implementan programas de educación masivos en temas de operación y mantenimiento de tecnologías eléctricas y se potencia el uso de vehículos híbridos (biodiesel) para el transporte de carga.

Hacia el año 2050 se observa que, debido a la gran conciencia ambiental, se tiene crecimiento en el uso del transporte público masivo; por otra parte, la integración de las redes eléctricas con otros países es una realidad a gran escala para hacer favorables los precios y las transacciones. Se genera una alta Inversión en la infraestructura para la transmisión y distribución de electricidad; se masifica el transporte público eléctrico y existen políticas claras de diversificación del transporte (no únicamente a escala eléctrica).

Se propician incentivos para la reducción en los impuestos para la importación de autos eléctricos, existe una política de recambio de tecnología para transporte de carga y se genera una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero, por disminución de contaminación sectorial.

#### 9.7.2 Escenario +- Matrix

Es este escenario, el diferencial de costos no es favorable para potenciar la transformación tecnológica, pero se tienen políticas que la incentivan, lo que hace que el desarrollo tecnológico sea difícil de asimilar e implementar.

Se produce una sobreoferta mundial de petróleo y carbón, lo cual reduce los incentivos para la inversión y el cambio tecnológico en Colombia. Desorden fiscal (por el esfuerzo del posconflicto, la crisis de salud y las pensiones) lleva a altas tasas de interés y escaso financiamiento en el largo plazo, en un escenario económica desfavorable. Se implementarán políticas que desmonten el 4x1000 y devolución de puntos del IVA para sistemas eficientes y tecnologías de energías renovables.

Colombia es un país que avanzó muy poco en aumento de la equidad y la inclusión. Se mantiene una relación Estado-Universidad-Empresa, como triada del desarrollo de la innovación, y desde el Estado se definen impuestos aplicables a estimular la ciencia y la tecnología, pero la difícil y costosa estructura de implementación, ha dificultado la evolución industrial y el avance en el uso de nuevos procesos que han sido producto del trabajo de centros de investigación, con mejoras significativas en eficiencia, los cuales no se usan en la industria con la intensidad que se esperaría. Es clave el papel que ha jugado el sector educativo, que ha favorecido la creatividad y la innovación, pero estos desarrollos no se han podido trasladar a la producción fabril en toda su extensión.

No se han potencializado plenamente las conexiones entre universidades que desarrollan nuevas capacidades en beneficio del sector productivo. La I+D (Investigación + Desarrollo) no es jalonada por las empresas ya que restringen la inversión, por lo que las universidades potencian nuevas capacidades que las posicionan en términos de i+D+i (innovación) de manera sumamente marginal

en la industria manufacturera y se quedan resguardados en la academia. Los desarrollos y usos tecnológicos potenciados para la transformación tecnológica son pocos.

Se establece un plan nacional científico y tecnológico real y estable, lo que da un mayor impulso a la investigación académica, pero no cuenta con facilidades de inversión para que los desarrollos sean aplicados al sector real de la economía. La industria se estanca en las mejoras de competitividad y esto le cierra aún más los avances en despliegue tecnológico.

La industria fabril no penetra nuevas actividades económicas del país; Colombia se aleja de ser una plataforma productiva (especialmente en términos de producción energética). Estas plataformas productivas en las que otros países nos llevan ventajas son estructuras de trabajo que alinean las estrategias de sus agentes -nacionales e internacionales-, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible de la industria; esto no se vislumbra en Colombia. En el largo plazo, se da una menor flexibilidad de la economía producto de la diversificación productiva.

#### 9.7.2.1 *Visión tecnológica sector industria*

En este escenario existen políticas que incentivan el cambio tecnológico, pero el diferencial de costos para el cambio no será favorable, lo que dificulta su implementación en el sector productivo de la economía colombiana.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que el Gobierno se convierte en un actor importante en el impulso de cambios tecnológicos, pero los altos costos dificultan su despliegue y potencialidad.

Hacia el año 2050 se observa que los mecanismos de propiedad intelectual que favorecen la innovación y el crecimiento tecnológico se facilitan, pero su implementación crece a tasas muy bajas debido a los altos costos de implementación. Se libera la tecnología (*Free Access*), y existen estímulos a nuevos desarrollos, pero su difícil implementación, dada la baja inversión sectorial, dificulta su uso real; tan sólo a baja escala y en prototipos.

Colombia potencia el uso de tecnologías de secuestro o eliminación de CO<sub>2</sub> y se crean mecanismos de economía compartida y simple; el país diversifica muy poco su industria manufacturera con actividades más complejas y estrechamente relacionadas, lo que permite la creación de sinergias que contribuyen a una economía más conectada, pero aun con atraso con respecto a otros mercados competidores en el despliegue manufacturero. Entre esos sectores potencializados, se desarrolla la Bioindustria, en especial aplicable al sector agrícola.

#### 9.7.2.2 *Visión tecnológica sector residencial*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que el Gobierno se convierte en un actor importante en el impulso de cambios tecnológicos, pero los altos costos dificultan su despliegue y potencialidad; esto limita la aplicación de mejoras a escala en el sector residencial, y retrasa significativamente la implementación de políticas públicas canalizadoras de un mayor crecimiento a escala de generación de soluciones energéticas. Los altos costos frenan la implementación de soluciones energéticas sostenibles.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que los mecanismos de propiedad intelectual que favorecen la innovación y el crecimiento tecnológico se masifican, pero su implementación crece a tasas muy bajas debido a los altos costos de implementación, y esto impacta los desarrollos en los hogares, que buscan mejoras en la masificación de soluciones energéticas integrales. Se libera la tecnología (*Free Access*), y existen estímulos a nuevos desarrollos, pero su difícil implementación, dada la baja inversión sectorial, dificulta su uso real, entre otros campos, en la masificación de electrodomésticos ecoeficientes; tan sólo a baja escala y en prototipos, por hogares con alto poder adquisitivo, se usan estas soluciones tecnológicas avanzadas para un menor consumo y mayor sostenibilidad.

#### 9.7.2.3 Visión tecnológica sector terciario

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que los sistemas de iluminación LED de alta eficiencia se implementan, debido a que esta tecnología está muy avanzada y se espera que se sigan desarrollando e implementando a pesar de no estar en un escenario favorable. Los sistemas de aire acondicionado no evolucionan, permaneciendo con los niveles actuales de consumo energético.

Se ve un retraso en la entrada de las tecnologías de sistemas de energías renovables al mercado, por no ser competitivas con los precios de las tecnologías convencionales. El recambio del *stock* inmobiliario no se da como se proyecta, permaneciendo muchos establecimientos con sistemas de poca eficiencia y alto consumo energético. Se fomenta el conocimiento en bioclimática y estrategias pasivas. Por otra parte, las tecnologías son eficientes pero los costos, incluso a nivel internacional, son altos; dificultando que los empresarios inviertan en estos sistemas. A pesar de la promoción de medidas de eficiencia energética, incluso con incentivos, la percepción del costo sigue siendo alta.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que el cambio climático desestabiliza los regímenes de lluvias y vientos, lo que ocasionará problemas en infraestructura y mayor demanda del uso de acondicionamiento de espacios.

El comercio electrónico es más utilizado, incrementando los trámites en línea y disminuyendo la necesidad de edificaciones comerciales, lo que al final repercutirá en el consumo energético; influenciado además por los altos costos de infraestructura. La tecnología se ve retrasada en el aumento de su eficiencia, por los altos costos que supone aumentar cada punto porcentual, además no se percibe aceptación del mercado por los altos costos. Se implementan políticas para el etiquetado de equipos con eficiencia energética, y la compra de los mismos se realiza con conocimiento y selección con criterios energéticos. Se implementarán subsidios a las energías renovables, lo que posibilitará que su costo baje, aunque no será competitivo con las fuentes convencionales.

Se logran algunas metas de edificaciones *net zero* pero esto es un proceso que se hace difícil, por los altos costos de asimilación de las tecnologías sectoriales.

#### 9.7.2.4 Visión tecnológica sector generación de energía eléctrica

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa la implementación de respuesta a la demanda de manera marginal, ante altos costos de tecnologías de generación masificadas; asimismo se carece de subsidios para ajustar la factibilidad de la entrada de nuevas tecnologías, por lo que su implementación se torna difícil. Al componente de la matriz de generación eléctrica, entran pocos MW nuevos de energías renovables. Existen diversas políticas para el favorecimiento de la entrada y uso de FNCER, pero a la vez se nota una baja actualización en el uso de nueva tecnología; finalmente se va dando una acelerada degradación del parque generador.

Hacia el año 2050 se observa que los mecanismos de propiedad intelectual que favorecen la innovación y el crecimiento tecnológico se divulgan masivamente, pero su implementación crece a tasas muy bajas debido a los altos costos de adopción; en la generación, se observa una menor demanda de energía, lo que disminuye las tasas de intensidad energética, ya que el uso energético se diezma por altos costos y obsolescencia tecnológica. Se libera la tecnología (*Free Access*), y existen estímulos a nuevos desarrollos, pero su difícil implementación, dada la baja inversión sectorial, dificulta su uso real; tan sólo a baja escala y en prototipos que se impulsan en iniciativas privadas y aisladas.

#### 9.7.2.5 Visión tecnológica sector transporte

Hacia el año 2030 se observa que se dio un aumento en la eficiencia de los motores de combustión; lastimosamente, algunas fallas en la tecnología, como, por ejemplo, la explosión de baterías, ha venido desacreditando las tecnologías eficientes. La baja continua en el precio del petróleo, en adición a los altos costos, en el uso y carga de los vehículos eléctricos, causan una desaceleración significativa en la transición y migración de tecnología.

Existe una política de reducción de emisiones, y se logran avances en la masificación del transporte público; se dan señales claras hacia la educación en operación y mantenimiento de tecnologías eléctricas; asimismo, la política para la prohibición de vehículos con motores de combustión se empieza a dar y es evidente un incremento en el número de motocicletas.

Hacia el año 2050 se observa un incremento en los precios de generación y transmisión, por la falta de migración al uso sostenible de energéticos para el sector transporte, esto producto de la dificultad de implementación debido a los altos costos de adopción y adaptación de tecnología.

Colombia potencia el uso de tecnologías de secuestro o eliminación de CO<sub>2</sub> y se crean mecanismos de economía compartida y simple; el país diversifica muy poco las opciones de uso de energéticos para el sector transporte, lo hace tan sólo con algunas actividades más complejas, pero costosas.

### 9.7.3 Escenario – Another brick in the Wall

Es este escenario, el diferencial de costos y las políticas que promueven el cambio tecnológico serán desfavorables, lo que impide la masificación de nuevas tecnologías para el desarrollo energético sostenible, y la generación se mantiene en fuentes costosas y obsoletas en cuanto a innovación, lejos de los nuevos paradigmas mundiales. Colombia es un país de bajas tasas de equidad e inclusión. No existe una relación Estado-Universidad-Empresa, como triada del desarrollo de la innovación, y esto impide la evolución del adelanto tecnológico en generación, y cierra el avance de

los centros de investigación, lo que impide el impulso de mejoras en eficiencia en el uso de transformación potencial en avances tecnológicos. No se favorece el desarrollo académico.

No existen conexiones impactantes a la industria entre universidades que potencien nuevas capacidades. La I+D (Investigación + Desarrollo) no es jalonada por las empresas y no se propician altas inversiones a ninguna escala, por lo que las universidades no logran potenciar nuevas capacidades en beneficio de la industria manufacturera.

La industria fabril no logra avanzar en el desarrollo de nuevas actividades económicas del país; Colombia está cada vez más lejos de ser una plataforma productiva (especialmente en términos de producción energética). En el largo plazo, se da cada vez una menor flexibilidad de la economía producto de la escasa diversificación productiva.

La regulación ambiental es tan estricta que frena el desarrollo de diferentes industrias productivas, esto a través de legislación que aumenta las tasas de impuestos en varios aspectos que impactan significativamente el desarrollo empresarial, lo que propaga la restricción a la iniciativa privada en favor de lo estatal. Se potencia el crecimiento de empleo informal.

#### *9.7.3.1 Visión tecnológica sector industria*

Hacia el año 2030 se observa un fuerte estancamiento de la industria manufacturera por factores logísticos, sin posibilidades de exportación y un atraso en términos de competitividad por el alto costo en el uso de energéticos, que representan cada vez un mayor porcentaje en la estructura de costos.

Hacia el año 2050 se observan fuertes restricciones a la divulgación, asimilación, adopción y adaptación del conocimiento; la propiedad intelectual responde a intereses particulares y no al bien de la sociedad y eso se refleja en una estructura productiva aún incipiente y obsoleta.

La economía nacional sigue siendo dependiente a la producción de productos de baja complejidad y esto refleja el estancamiento que se mantiene sistemáticamente. Se da un bajo desarrollo en el proceso fabril desbalanceado de la industria y focalizado en la primarización debido a concentración de incentivos en pocos sectores y sin foco estratégico misional de largo plazo.

#### *9.7.3.2 Visión tecnológica sector residencial*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que no hay sustitución de equipos y electrodomésticos, lo que genera sobrecostos e ineficiencias productivas. Ante el ausentismo estatal y en el diseño de políticas públicas, se genera la eliminación de las metas eléctricas del PROURE-UPME.

El uso de leña para la cocción se mantiene aún de manera decidida y la sustituibilidad por el uso de otros energéticos para cocción es ausente. Se mantienen los subsidios al uso de los servicios públicos por parte del gobierno. Incremento del robo y contrabando de electricidad, ante los altos costos que enfrentan los usuarios residenciales; se presenta una ausencia de normatividad asociada a los procesos de eficiencia energética para la construcción de nuevas viviendas.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observan fuertes restricciones a la divulgación, asimilación, adopción y adaptación del conocimiento aplicado a la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles; la propiedad intelectual responde al beneficio de intereses particulares y no al bien de la sociedad, y eso se refleja en que las soluciones energéticas aplicadas a usos residenciales sólo son aplicadas por habitantes ciudadanos de altos ingresos.

La economía nacional sigue siendo dependiente a la producción de productos de baja complejidad, y esto refleja el estancamiento de la economía nacional que se mantiene sistemáticamente, falta de políticas públicas que apoyen el mejor uso del sector residencial que crece de manera desmedida en el número de usuarios, pero que disminuye su intensidad energética llegando a ser una de las más bajas de Latinoamérica, por los altos costos. Todo esto refleja el subdesarrollo del país.

#### 9.7.3.3 *Visión tecnológica sector terciario*

Hacia el año 2030 se observa que sólo se trabaja iluminación eficiente por el retorno a la inversión y no por el incentivo de ser más eficientes energéticamente. La implementación de sistemas de energía renovables para autogeneración no se da por el alto costo que suponen estas tecnologías. Asimismo, la implementación de sistemas de aire acondicionado por OTEC (oceánico térmico) en regiones costeras se ve obstaculizado por los altos costos de inversión y pérdida de competitividad con otros sistemas.

Se crean impuestos al uso de paneles solares fotovoltaicos y los altos costos de los sistemas para autogeneración no permiten que se implementen. Los costos asociados a las baterías para su uso en sistemas de energía renovable no se reducen, y su vida útil no aumenta sustancialmente, dificultando la entrada al mercado de las renovables.

Los costos de tecnologías con mayores eficiencias no se reducen, dificultando el recambio tecnológico. Las tasas de cambio apreciadas a lo largo de los años dificultan la inversión y renovación energética. El país no se alinea con políticas internacionales, por lo tanto, no se promueven medidas de eficiencia energética y control al cambio climático, por lo que no se incentiva la adquisición de nuevas tecnologías.

Hacia el año 2050, se observa que la renovación de tecnologías que sean más eficientes en sistemas de iluminación y aire acondicionado no se da, por lo que se siguen utilizando los sistemas de hoy en día con ligeras mejoras tecnológicas. No se ingresa al mercado sistemas de energía renovable.

#### 9.7.3.4 *Visión tecnológica sector generación de energía eléctrica*

Hacia el año 2030 se observan trabas administrativas para acceder a beneficios de la Leyes a favor del uso para generación de FNCER; se evidencia un retraso en el desarrollo de infraestructura, que, mezclado con altos precios de mercado, resta competitividad al sector productivo nacional.

Por otra parte, se evidencia un crecimiento por generación vía hidráulica mediana; se sufrió un fenómeno de racionamiento hacia el año 2022, y después de ello, se evidenció una restricción en generación por fuentes térmicas por contaminación (carbón). La penetración de energías renovables se da tan sólo en zonas estratégicas del territorio y no se masifican.

Se evidencia muy poca inversión extranjera sectorial; los programas de respuesta a la demanda sólo se forjan en periodos de confiabilidad crítica. Se presenta un mayor costo en inversión en cuando al uso/desarrollo de tecnologías de CCS. Se favorece la neutralidad tecnológica.

Asimismo, las nuevas plantas que respaldan el sistema entran con las mismas tecnologías de inicios del siglo XXI; no entran más proyectos de grandes centrales hidroeléctricas y se da el incremento en la generación de termoeléctricas con gas y combustibles líquidos (costosa).

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que no se continuó con la iniciativa del SINEA; existen problemas de racionamiento y problemas de abastecimiento para la consecución de energéticos; la matriz energética no está diversificada y es dependiente de fósiles cada vez más costosos.

Se dan desarrollos limitados en el uso para generación y potenciamiento de las FNCR y se evidencian continuos problemas de escasez de recursos para consumo interno.

#### 9.7.3.5 *Visión tecnológica sector transporte*

Hacia el año 2030 se observa que se eliminan barreras para la compra de vehículos usados; no hay inversión en la infraestructura de estaciones de carga de vehículos eléctricos y no hay mejoras en la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica, lo que ha traído problemas de uso de energéticos graves. Se da un aumento significativo de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, crece muy despacio la demanda de carros eléctricos, causada por los altos precios. No hay políticas de chatarrización permitiendo la circulación de tecnologías de combustión obsoletas aun en el 2030.

No hay políticas de educación energética al usuario, y se da un cambio en las políticas nacionales relacionadas con la eficiencia energética y/o reducción de emisiones, consolidándose un freno a las mismas. Se potencia el lobby de las compañías petroleras con el gobierno; se mantiene un subsidio a la gasolina y se incrementa el número de motocicletas. En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que, por el cambio climático se presentan sequías, y se encarece la energía eléctrica, asimismo se da un incremento en los precios de generación y transmisión, y las soluciones para el sector transporte no se dan en ningún término de calidad y eficiencia.

#### 9.7.4 *Escenario -+ Dukes of Hazzard*

En este escenario el diferencial de costos para la asimilación e implementación de nuevas y mejores tecnologías en términos de eficiencia es favorable, pero no existe una buena orientación hacia la implementación de políticas públicas en materia de cambio tecnológico.

La capacidad técnica e informativa del Estado se disminuye y diezma con sectores productivos muy aislados y de baja complejidad en el uso de tecnologías. La regulación ambiental motiva la competitividad, dado que los usos y asimilación de tecnología verde, son factibles por la gran disminución de costos; su implementación falla por la falta de liderazgo de la política pública sectorial que motive estos ajustes.



La industria fabril no penetra nuevas actividades económicas del país, salvo algunos casos aislados pero exitosos en ciertas ramas fabriles; Colombia se estanca en su potencial para lograr ser una plataforma exportadora. En el largo plazo, no se da una mayor flexibilidad de la economía producto de la falta de diversificación productiva. Los casos de éxito con ciertas ramas productivas son casos aislados de emprendimiento y no producto de una estrategia de política pública.

Se estimula la creatividad individual aún en un ambiente socialmente restringido con visión de emprendimiento; la industrialización selectiva se ajusta como fenómeno con un alto riesgo de reposicionamiento geográfico por fuera de Colombia. El entorno muestra gran dificultad en la toma de decisiones macroeconómicas, lo que genera la falta de estrategias y el ausentismo de políticas que potencien el desarrollo productivo del país. La industria es día a día más adaptable a los cambios del entorno por su propia motivación, y dejando a un lado el apoyo que podrían ofrecer las políticas del Estado.

#### 9.7.4.1 *Visión tecnológica sector industria*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que existen grandes restricciones para asimilar y adoptar de la mejor forma el *Know-how*, una gran cantidad de barreras legales, logísticas, económicas, impiden la adaptación de conocimiento al servicio de la industria.

Se observa la ausencia de un lineamiento de políticas que incentiven los procesos de innovación y el desarrollo de capacidades de evolución positiva que potencien el uso final del desarrollo en el sector energético, salvo algunas iniciativas privadas, se observa un estancamiento en el crecimiento de los usos en la transformación tecnológica. Las políticas alineadas al sector no han sido focalizadas para lograr la optimización energética en los sistemas industriales del país, esto ha estancado la competitividad, y se muestran ausentes los incentivos a la adquisición y uso de tecnologías eficientes energéticamente, dada la ausencia de una política decidida a potenciar el uso de estas tecnologías de manera masificada. En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que la velocidad de adopción y de adaptación tecnológica ha sido sumamente favorable para incentivar el uso de nuevos desarrollos energéticos en el sector manufacturero que ha potenciado la eficiencia energética en variados procesos que sirven de insumos para el potenciamiento de valor agregado en el proceso de desarrollo fabril, con menores costos asociados al mayor uso intensivo de la tecnología, a favor de usos alternativos en la implementación de mejoras energéticas basadas en la sostenibilidad, todo esto basado en la iniciativa privada que ve altos retornos por la disminución de costos en el uso intensivo de energéticos.

Mayor complejidad y diversificación tecnológica en la industria no ha podido ser potencializado a una gran escala por los altos limitantes que genera el poco apoyo de la política pública. La intensidad eléctrica (kWh/\$) en los diferentes procesos industriales no crece a las tasas esperadas, lo que hace que su uso se no se potencie y el diferencial de costos se mantenga, dificultando su implementación.

#### 9.7.4.2 *Visión tecnológica sector residencial*

Hacia el año 2030 se observa que existe una baja penetración de energía renovable en los hogares, esto producto de la eliminación de incentivos tributarios para la implementación de fuentes alternativas de generación, producto del diseño de política pública que incentiva otro tipo de energéticos.



Las políticas alineadas del sector no han sido focalizadas para lograr la optimización energética en el uso residencial en el país, esto ha estancado la competitividad, y se muestran ausentes los incentivos a la adquisición y uso de tecnologías eficientes energéticamente, dada la ausencia de una política decidida a potenciar el uso de estas tecnologías de manera masificada, los temas de bidireccionalidad, respuesta de la demanda, autogeneración y cogeneración salieron de la agenda pública, a pesar de que el mundo se volcó cada vez más a ellos.

Hacia el año 2050, se observa que la velocidad de adopción y de adaptación tecnológica ha permitido algunos nuevos desarrollos energéticos en el sector residencial, con menores costos asociados al mayor uso intensivo de la tecnología, todo esto basado en la iniciativa privada que ve altos retornos por la disminución de costos en el uso intensivo de energéticos, mas no por la estrategia de una política pública.

Existe una mayor complejidad y diversificación tecnológica en la industria que no ha podido ser potencializada a una gran escala, por los altos limitantes que genera el poco apoyo de la política pública. La intensidad eléctrica (kWh/\$) en los usuarios residenciales no crece a las tasas esperadas, lo que hace que su uso se no se potencie y el diferencial de costos se mantenga, dificultando su masificación.

#### 9.7.4.3 *Visión tecnológica sector terciario*

Hacia el año 2030 se observa que la iluminación led y el uso aire acondicionado de alta eficiencia se mantienen, a pesar de no tener políticas que le favorezcan. La energía renovable no es usada masivamente, debido a políticas desfavorables, lo que impide su mayor potencialización eficiente.

El país sigue dependiendo de generación y distribución centralizada; asimismo, el sector terciario no implementa masivamente tecnologías con mejores estándares de eficiencia energética, debido a que las políticas públicas no son favorables. Existe poca promoción de la educación en eficiencia energética y el uso de energías renovables; no existe un mercado de compra y venta de energía autogenerada a gran escala por ausencia regulatoria en la materia.

Se restringen tecnologías importadas o productos por inversión extranjera, para proteger sectores influyentes. No existen exigencias de eficiencia energética en construcción y equipamiento. Las políticas que favorecen a los operadores de red en cuanto a la venta de excedentes de energía por autogeneración se dificultan. Se implementan incentivos a las energías renovables que a largo plazo no se pueden sostener.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que el mercado es muy heterogéneo en términos de demanda de energía; los edificios viejos se renuevan parcialmente y los edificios nuevos son construidos en términos de cumplimiento de sostenibilidad. La energía renovable sigue siendo relegada a un segundo plano y se retrasa su implementación masiva.

#### 9.7.4.4 *Visión tecnológica sector generación de energía eléctrica*

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que se tienen montados unos 3500 MW de generación a carbón; existen fuertes limitaciones al acceso de capital y la distribución y transmisión eléctrica se frenan por la Ineficiencia operativa de la red.

Existen grandes restricciones para asimilar y adoptar de la mejor forma el *Know-how*, una gran cantidad de barreras legales, logísticas, económicas, impiden la adaptación del conocimiento al servicio del sector de generación, lo que afecta negativamente el potencial uso de nuevas y mejores tecnologías en términos de eficiencia.

Se observa la ausencia de un lineamiento de políticas que incentiven los procesos de innovación y el desarrollo de capacidades de evolución positiva que potencien el uso final del desarrollo en el sector energético, salvo algunas iniciativas privadas, se observa un estancamiento en el crecimiento de los usos en la transformación tecnológica para beneficio del sector de generación eléctrica. Las políticas alineadas al sector no han sido focalizadas para lograr la optimización energética en los sistemas productivos del país, esto ha estancado la competitividad, y se muestran ausentes los incentivos a la adquisición y uso de tecnologías eficientes energéticamente, dada la ausencia de una política decidida a potenciar el uso de estas tecnologías de manera masificada.

Se observa que la velocidad de adopción y de adaptación tecnológica ha sido sumamente favorable para incentivar el uso de nuevos desarrollos energéticos en el sector manufacturero lo que ha potenciado la eficiencia energética en variados procesos que sirven de insumos para la generación de valor agregado en el proceso de desarrollo fabril, con menores costos asociados al mayor uso intensivo de la tecnología, a favor de usos alternativos en la implementación de mejoras energéticas basadas en la sostenibilidad, todo esto basado en la iniciativa privada que ve altos retornos por la disminución de costos en el uso intensivo de energéticos.

#### 9.7.4.5 Visión tecnológica sector transporte

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2030 se observa que no se logra desbloquear la entrada de tecnologías nuevas; no hay disponibilidad de tecnologías por falta de acuerdos de voluntades; los Impuestos para la electricidad y su demanda son muy elevados, limitando el uso de vehículos eléctricos, adicionalmente por los elevados Impuestos en la importación de vehículos eléctricos.

Existen conflictos con países vecinos disminuyendo la importación de nuevas tecnologías disponibles en el mercado internacional; se despliega una fuerte campaña de *Lobby* de empresas manufactureras de motores de combustión y el gobierno; no hay políticas de chatarrización permitiendo la circulación de tecnologías de combustión obsoletas con varios años de obsolescencia.

No hay políticas de educación energética al usuario y no hay un ajuste decidido en las políticas nacionales relacionadas con la eficiencia energética y/o reducción de emisiones. Se mantiene el *Lobby* de las compañías petroleras con el gobierno, se potencial el subsidio a la gasolina y al diésel.

En cuanto al tema de transformación tecnológica, hacia el año 2050 se observa que este es similar al escenario de 2030, ya que no existen incentivos del gobierno para pensar desde la política pública un cambio en la situación.

## 10 Modelos de investigación conjuntos para evaluación demanda energética de cada uno de los sectores

### 10.1 Modelos de cálculo simplificados usando Excel

Con el objetivo de poder realizar cálculos de demandas de energía eléctrica en cada uno de los diferentes sectores de una forma fácil y simplificada se desarrollaron herramientas de cálculo que tuvieran en cuenta el crecimiento poblacional o PIB, junto con el impacto de los cambios tecnológicos y la mejora en la eficiencia energética de los mismos. Cada uno de los modelos parte de la realización de un estimativo de energía a 2030 y 2050 con base en las tendencias de los últimos años; aspectos tales como la demanda de energía de cada sector, el PIB y el crecimiento poblacional se analizaron para identificar funciones de tendencia que se ajustaran a los datos reportados en los últimos años. Con base en estas funciones es posible realizar un cálculo de las demanda de energía en cada uno de los sectores suponiendo un estilo “business as usual” en el cual los comportamientos no se vean modificados.

A este cálculo de energía inicial se le llevan a cabo unos ajustes con el ánimo de suavizarlo teniendo en cuenta la variación en la participación de cada una de las tecnologías por sector, los posibles cambios en las eficiencias tecnológicas en los últimos años y la penetración de nuevos combustibles. En general se buscó que todos los modelos empleados partieron del mismo marco conceptual que estuviera alineado con los objetivos del proyecto de analizar variables de penetración de tecnología en el sector, cambio en la eficiencia tecnológica y variación del energético base en la aplicación industrial. (Figura 336). Los distintos modelos se adjuntan en el Anexo 1 del presente trabajo.



Figura 336 Variables constituyentes de los modelos de cálculo simplificado empleados en el análisis de demanda de energía para cada sector

## 10.2 Modelos de cálculo avanzado empleando Dinámica de Sistemas

Hoy en día, los actores del sistema de energía tienen que tomar decisiones complejas acerca del futuro, esto debido al alto crecimiento de la demanda de energía a nivel mundial y las estrictas metas de emisiones para los países. Esta preocupación ha llevado a que, en el paso de los años, se han realizado ejercicios de escenarios, que buscan establecer mapas de ruta, mientras se evalúan diferentes políticas energéticas. Para la toma de decisiones, así como para cuantificar los escenarios y relacionarlos con tendencias e influencias tecnológicas, se ha visto la necesidad de utilizar modelos.

A lo largo del tiempo, autores han planteado diferentes modelos. Inicialmente los modelos se concentraban en buscar la estabilidad energética, luego, debido a la importancia que tomaban las variables ambientales, se concentraron en modelar los recursos ambientales como la hidrología, emisiones, etc. y finalmente se han concentrado en simular cambios en los tipos de generación, los costos que esto implica, y los cambios tecnológicos en el largo plazo. En el Reino Unido, por ejemplo, se han utilizado un conjunto de modelos que representen el sistema energético, los cuales, algunos de ellos, se listan en la Tabla 86.

Tabla 86 Modelos que representan el sistema energético del Reino Unido

Modelo (Desarrollador)	Propósito	Estructura del modelo	Cobertura geográfica	Cobertura sectorial	Horizonte de tiempo	Paso de tiempo
DECC 2050 Calculator (DECC)	Pronosticar.  El suministro de energía basado en el cumplimiento de las metas de emisiones	<b>Metodología:</b> Modelo de contabilidad. Hoja de cálculo.  Los costos son exógenos. Se considera un nivel de aprendizaje tecnológico. Los datos subyacentes son entradas basado en salidas Markal para diversos escenarios.	Región específica del Reino Unido	Sector energético	Mediano y Largo plazo (2010 – 2050)	5 años
DECC DDM (DECC, Desarrollado por LCP)	Explorar  Demanda y oferta de energía, impactos ambientales.	<b>Metodología:</b> Optimización.  Las decisiones de inversión están basadas en ingresos proyectados y flujo de caja. Los supuestos económicos, climáticos, políticos, de generación y de demanda son variables externas.  <b>Demanda:</b> NA <b>Oferta:</b> Exógena	Región específica de Gran Bretaña	Sector de energía eléctrica	Mediano y Largo plazo (2010 – 2050)	Anual
DSIM (Imperial College London)	Explorar	<b>Metodología:</b> Optimización de costos.	Multi regional	Sistema de potencia eléctrica	Corto plazo.	Cada minuto.

Modelo (Desarrollador)	Propósito	Estructura del modelo	Cobertura geográfica	Cobertura sectorial	Horizonte de tiempo	Paso de tiempo
	Demanda y oferta de energía, modelo de sistema de potencia. Diseñado para modelar variables de almacenamiento y generación.	Considera el equilibrio entre las decisiones a corto y mediano plazo.  Los costos de operación están determinados por el precio del carbón y del combustible líquido.  <b>Demanda:</b> Modelada			Horario o 1 año.	
DynEMo (UCL)	Explorar  Demanda de energía, oferta con integración de energías renovables.  Integración del sector residencial, incluyendo el comportamiento de los hogares.	<b>Metodología:</b> Simulación. Hoja de cálculo.  Simplificación de elementos individuales como las tecnologías. Algunos aspectos dinámicos no son capturados durante la simulación, dada la resolución.  <b>Oferta:</b> Exógena	Sistema Energético individual, aplicado a UK y Francia.	Todo el sector energético	Corto, mediano y largo plazo. 4 estaciones, días pico, fines de semana y entre semana.	Lo define el usuario. Desde horario hasta anual.
EnergyPLAN (Aalborg University)	Explorar y pronosticar.  Oferta y demanda de energía focalizada en opciones futuras.	<b>Metodología:</b> Simulación. Optimización de la operación y de la inversión.  Detalles tecnológicos explícitos, específicamente relacionados con la nueva tecnología.  <b>Oferta:</b> Calculada	Nacional, estatal y regional	Sectores de electricidad, calor y transporte	Mediano plazo	Horario
LEAP (Stockholm Environmental Institute Boston, USA)	Pronosticar y explorar.  Demanda y oferta; impacto ambiental. Enfoque integrado. Incluye análisis de políticas energéticas y	<b>Metodología:</b> Modelo de contabilidad  <b>Oferta:</b> Descripción simple de usos finales y tecnologías de suministro, incluyendo algunas renovables.  <b>Demanda:</b> Descripción de todos los sectores de la economía.	Local, nacional, regional y global.	Todos los sectores: Industria, transporte, residencial, servicio y agricultura	Mediano y Largo plazo	Anual

Modelo (Desarrollador)	Propósito	Estructura del modelo	Cobertura geográfica	Cobertura sectorial	Horizonte de tiempo	Paso de tiempo
	ambientales. Usos del suelo. Análisis de proyectos. Planificación integrada energética. Aplicable para países industrializados y en desarrollo.					
<b>MARKAL</b> (International Energy Agency, IEA/ ETSAP)	Explorar.  Oferta de Energía con restricciones. Tiene como el objetivo el análisis energético integrado y la planificación a través de un enfoque de menor costo.	<b>Metodología:</b> Caja de herramientas. Optimización.  Bajo grado de endogenación. Se focaliza solo en el sector energético, descripción detallada de los usos de la energía y las tecnologías posibles de energías renovables. Se puede modelar los costos, aprendizaje tecnológico y representar la incertidumbre.  <b>Oferta:</b> Modelada	Local y nacional.	Sector de Energía	Mediano y largo plazo.	Lo define el usuario.
<b>MESSAGE-III</b> (International Institute for Applied System Analysis, IIASA, Austria)	Explorar.  Demanda y Oferta de energía. Impacto ambiental. Incluye la planeación de la expansión en generación, análisis de los usos finales, análisis de políticas ambientales y de inversión.	<b>Metodología:</b> Optimización.  Descripción detallada de los usos finales de la energía y las tecnologías de generación.  <b>Demanda:</b> Exógena  <b>Oferta:</b> Modelada.	Local y nacional.	Sector de Energía.	Corto, mediano y largo plazo.	Definido por el usuario como un múltiplo de años.

Modelo (Desarrollador)	Propósito	Estructura del modelo	Cobertura geográfica	Cobertura sectorial	Horizonte de tiempo	Paso de tiempo
WASP (International Atomic Energy Agency, IAEA)	Pronosticar. Análisis de mapas de ruta. Herramienta para planificar la expansión del sistema de energía eléctrica.	<p><b>Metodología:</b> Optimización y Simulación.</p> <p>Contiene el análisis de un sistema de potencia con restricciones. Encuentra la expansión en generación óptima económicamente para un sistema eléctrico, utilizando estimaciones probabilísticas. Las restricciones pueden ser las emisiones de carbono.</p> <p><b>Oferta:</b> Modelada</p> <p><b>Demanda:</b> Exógena</p>	Nacional	Sector de potencia	Mediano y largo plazo (hasta 30 años)	12 curvas de duración de carga por año

Fuente: Tomado de [172]

Para el desarrollo de este proyecto se tiene como propósito modelar la demanda de energía del país, considerando los cambios tecnológicos en los sectores industria, terciario, transporte, residencial y generación de energía para los próximos 34 años. Se pretende construir un modelo que permita evaluar diferentes políticas y cuantificar diferentes escenarios que se puedan dar en este periodo de tiempo. Dado que el sistema de energía es un sistema complejo, donde interactúan diferentes variables, se decidió aprovechar las bondades de la dinámica de sistemas, para construir el modelo.

### 10.2.1 Descripción de los análisis y modelos de dinámica de sistemas creados en el marco del convenio

La metodología de Dinámica de sistemas es una metodología muy utilizada para analizar sistemas complejos, mejorar la toma de decisiones y ayudar en la construcción de políticas. Consiste en identificar las variables que intervienen en un sistema y representar, mediante ecuaciones, la relación y los bucles de retroalimentación que se puedan presentar entre ellas. Es muy utilizada en la planeación de negocios, administración de políticas públicas, políticas ambientales y energéticas entre otras áreas. A continuación, se describen las relaciones que se consideran para cada uno de los sectores.

#### 10.2.1.1 Sector Industrial

El consumo energético del sector industrial depende del consumo por unidad de PIB y de la producción de la industria. Este consumo por unidad está afectado por la eficiencia energética alcanzada dada la tecnología utilizada, ya sea en las maquinarias o en los procesos empleados. A mayor eficiencia, el consumo energético por unidad será menor. En la medida que haya un mayor consumo energético, habrá un mayor impacto en el precio del producto mediante el costo de la energía, que a su vez se verá reflejado en una menor demanda del producto y por consiguiente en

una menor producción. De igual forma en la medida que haya una mayor eficiencia energética se verá reflejado en un decrecimiento del consumo por unidad, que se verá manifestado en un menor precio y mayor demanda con retardo (Figura 337). Para esta etapa del modelo, el PIB es considerado como una variable exógena, por tanto, no se considera el efecto de la eficiencia energética en esta variable, pero si una disminución de la intensidad energética vía eficiencia.

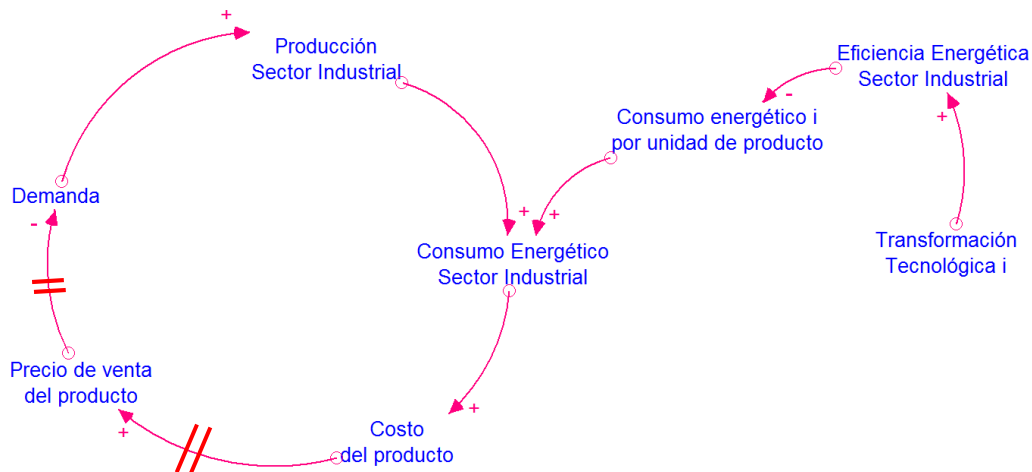


Figura 337 Relaciones causales para el sector Industria  
Fuente: Elaboración propia

La transformación tecnológica viene acompañada de una mayor eficiencia energética y posiblemente de una transformación de la matriz de consumo energético dentro del sector industrial, llevando a incrementar el consumo de un energético y disminuir el de otro. Para determinar la demanda energética del sector se diferenciará entre los diferentes combustibles.

Para modelar el consumo de energía en el sector Industrial, se consideran las siguientes premisas:

- El sector industrial está en dividido en 7 subsectores: A&B&T (alimentos, bebidas y tabaco), P&Pap&Imp (pulpa, papel e imprenta), PQuim (productos químicos), PMetalBas (productos metalúrgicos básicos), PMinNoMet (productos minerales no metálicos), CoqPRefin (coquización y productos de la refinación de petróleo) y otros.
- Cada uno de los 7 subsectores consume energía para cualquiera de los siguientes usos: Iluminación, Refrigeración, Aire acondicionado, Fuerza motriz y Generación de calor (Calor directo y Calor indirecto).
- El consumo total del sector industrial es la suma del consumo en cada uso de todos los subsectores industriales.
- Las industrias pueden variar su matriz de uso, es decir, para el consumo final de la energía puede haber variaciones en la participación del tipo de uso.
- La variación del tipo de uso para cada subsector se da cuando el sistema intenta alcanzar una meta de eficiencia establecida.
- Las industrias pueden variar su matriz energética, dependiendo las transformaciones tecnológicas y efectos de sustitución.



Para calcular el consumo energético, se parte de un consumo energético vegetativo que se calcula a partir de una proyección de PIB por sector y de la intensidad energética de dicho sector. Esta intensidad varía en el tiempo, dependiendo las políticas de eficiencia energética aplicada a cada sector. La variable exógena *PIB Mil Mill* (Producto interno bruto en miles de millones) proporciona la dinámica de la intensidad energética por sector durante el tiempo de la simulación.

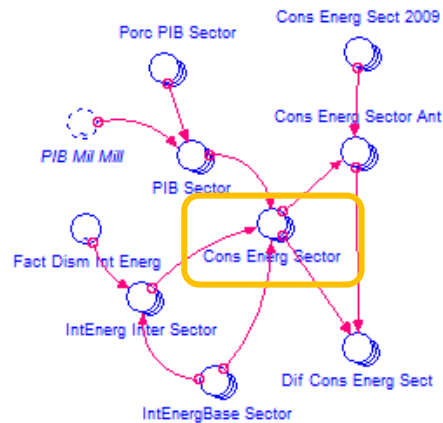


Figura 338 Estructura para calcular el consumo energético base por sectores.  
Fuente: Elaboración Propia

Luego se calcula la diferencia de consumo energético por sectores de un año a otro (*Dif Cons Energ Sect*) que se calcula como el consumo energético del año en curso menos el consumo energético del año inmediatamente anterior. Ver Figura 338.

Una vez se conoce la diferencia de consumo por sectores para el tiempo  $t=1$ , se calcula el consumo para cada uno de los usos y se compara con la meta propuesta para  $t=2$  (la cual es función del consumo en  $t=1$  multiplicado un porcentaje meta. Ver Figura 339.

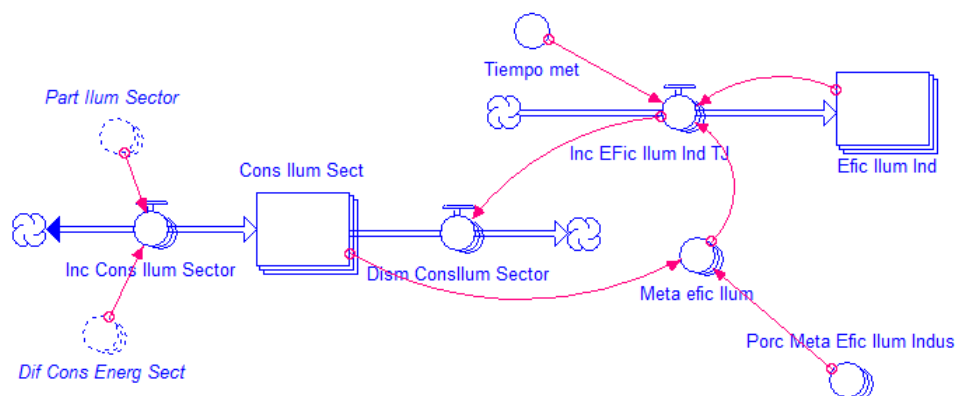


Figura 339 Estructura de alcance de metas de eficiencia en iluminación.  
Fuente: Elaboración Propia

La meta determina la eficiencia energética para este uso, que finalmente disminuye el consumo en el uso específico. La variable *Part Ilum Sector* (participación de la iluminación en el consumo del subsector) para  $t=2$ , se calcula de acuerdo al consumo total y al *Cons Ilum Sect* (consumo energético de la iluminación en cada subsector) en  $t=1$ .

El consumo total está determinado por estos nuevos consumos en cada uso, que considera las metas de eficiencia energética, tal como se observa en la Figura 340.

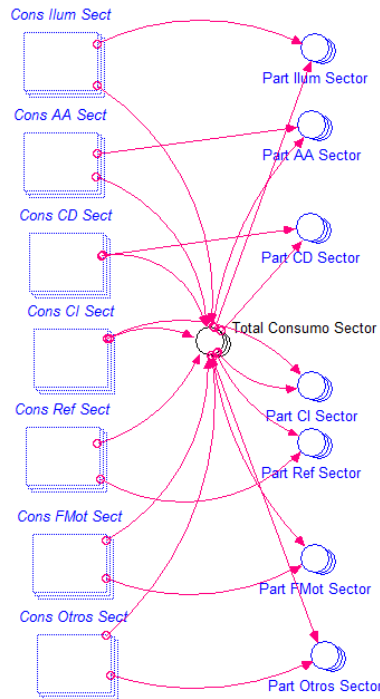


Figura 340. Estructura para calcular el consumo total de Industria por subsector y la participación de cada uso.  
Fuente: Elaboración Propia

Con la información obtenida hasta el momento, se puede finalmente calcular la demanda de cada energético. La decisión sobre el tipo y/o la proporción de cierto energético a ser consumido depende de la participación de ese energético en la matriz del subsector bajo análisis. Ver Figura 341.

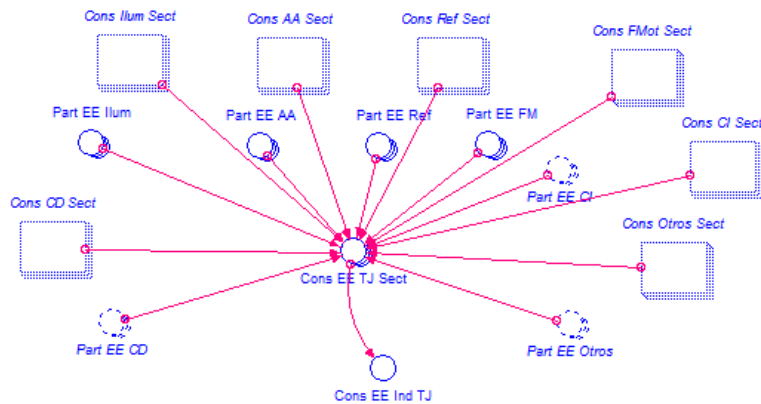


Figura 341. Estructura para calcular el consumo de energía eléctrica en el sector Industria.  
Fuente: Elaboración Propia

Por ejemplo, el *Cons EE TJ Sect* (consumo de energía eléctrica en tera-joules de cada sector), se calcula como la suma de cada uno de los consumos (según el uso), multiplicados por la participación de los energéticos en cada uso específico. Más claro, por ejemplo, el consumo del energético *carbón* (ver Figura 342) se calcula como la suma del consumo de aquellos usos que cuentan con el carbón como energético, tales como el calor directo, calor indirecto y otros usos, así:

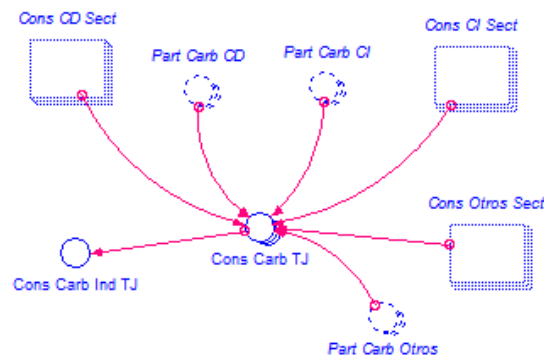


Figura 342. Estructura para calcular el consumo de carbón en el sector Industria.  
Fuente: Elaboración Propia

### 10.2.1.2 Sector Terciario

El consumo energético en el sector servicio, al igual que el sector industrial, está determinado por el crecimiento de cada uno de los subsectores. En la medida que haya un mayor crecimiento, se tienen un mayor consumo de los energéticos, considerando los usos de este sector. Las relaciones causales son las mismas expuestas para el sector industria. Ver Figura 337.

A continuación, se muestra la estructura completa del sector terciario.

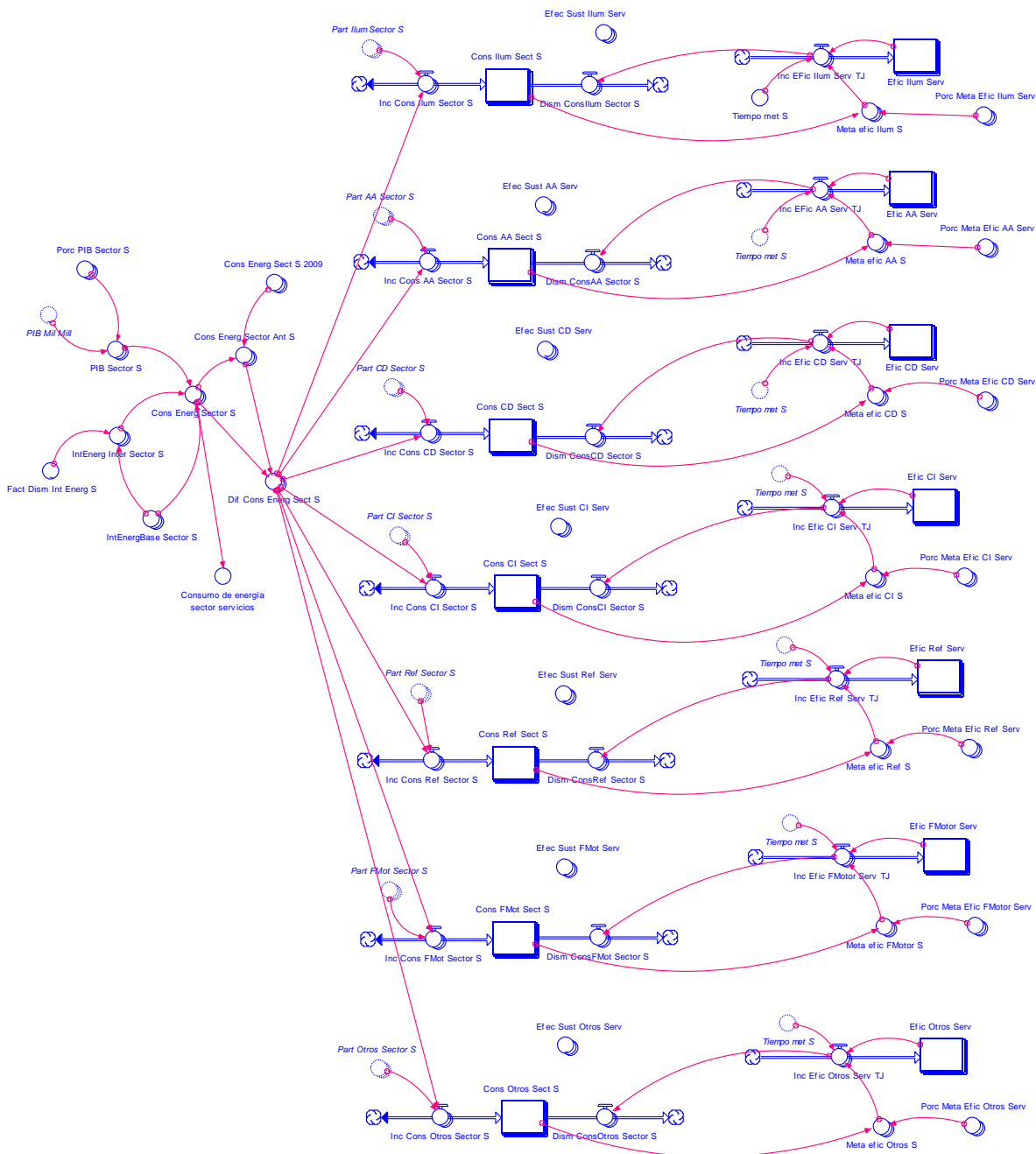


Figura 343. Estructura para calcular el consumo energético del sector terciario.

Fuente: Elaboración Propia

Fueron considerados 7 subsectores: Hoteles y Restaurantes, Intermediación financiera, Salud, Educación y Cultura, Correo y Telecomunicaciones, Administración pública y Comercio. Y para cada uno de estos los usos de iluminación, acondicionamiento de aire, calor directo e indirecto, refrigeración, fuerza motriz, y otros, en los que se consideraban necesarios.

A partir de los consumos por usos, luego de considerar la eficiencia energética en cada uno de ellos, se calcula el consumo total del sector, y las nuevas participaciones de los usos en el consumo total. Ver

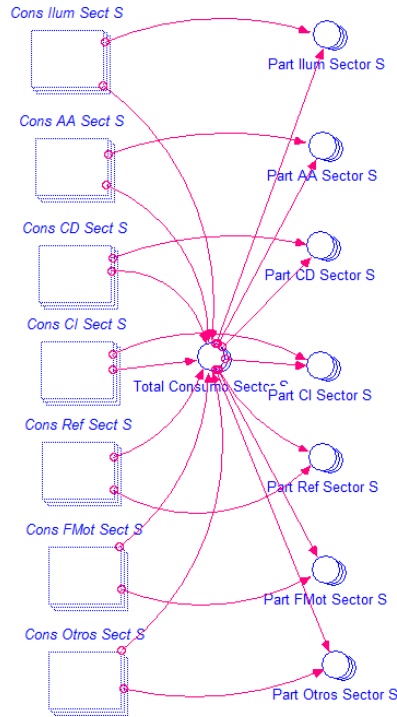


Figura 344. Estructura para calcular el consumo total del sector Terciario por subsector y la participación de cada uso.  
Fuente: Elaboración Propia

Los consumos de cada energético, según el uso de la energía, se calcula de la misma manera que se mencionó para el sector industrial.

### 10.2.1.3 Sector Transporte

El consumo energético del sector transporte está determinado por el número de viajes y por los km recorridos en cada viaje. Los viajes son calculados a partir del tamaño de la población y de los viajes por personas. En la medida que el país se desarrolla, los viajes por personas tienden a bajar, siguiendo el comportamiento de los países desarrollados. El incremento de los números de viajes, afecta la saturación del parque automotor y con este disminuye nuevamente el número de viajes.

La transformación tecnológica puede disminuir el consumo energético mediante la eficiencia energética y así mismo variar el tipo de combustible a consumir. (Figura 345)

Para el cálculo de la demanda de los diferentes energéticos en el sector de transporte será necesario calcular el modo en que se haga cada viaje (transporte público, transporte privado, taxi, metro, etc.) y el rendimiento de cada modo de transporte (Joule/km).

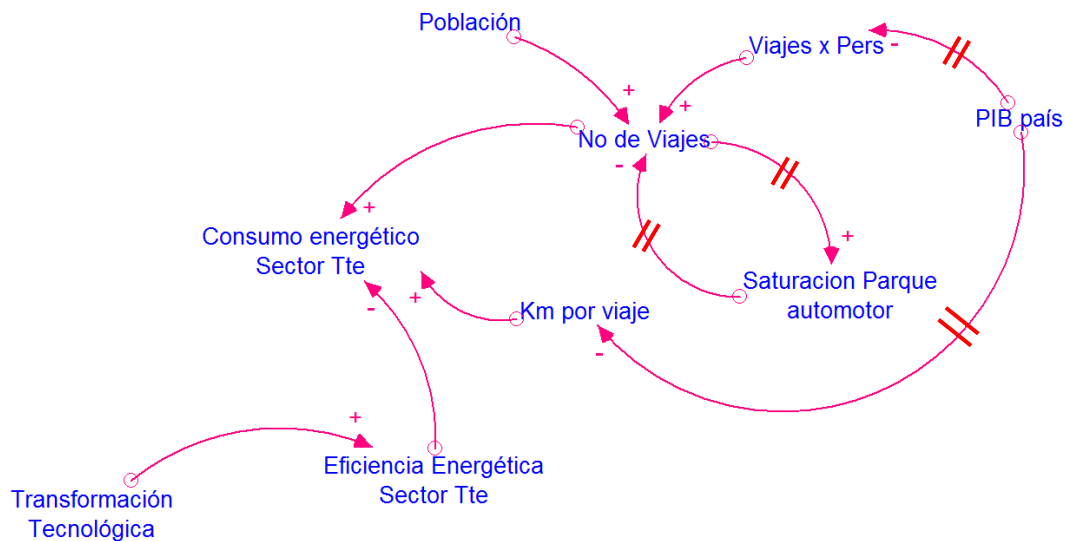


Figura 345 Relaciones causales para el sector Transporte  
Fuente: Elaboración Propia

Para la estructurar del modelo se consideraron las siguientes premisas:

- El consumo energético del sector es función del tipo de combustible que utilizan las diferentes formas de transporte (automóvil, motocicleta, taxi, bus, SIT (masivo, colectivo), STP (alimentadores), masivos BRT (autobús de tránsito rápido), metro, bicicleta, otros). El uso de cada forma de transporte es función del parque automotor. El tamaño del parque automotor de cada forma de transporte depende de los viajes cubiertos por esa forma de transporte.
- Se diferencia entre número de viajes y distancia recorrida en cada viaje para cada modo de transporte.
- La cantidad de viajes por persona es función del número de personas (población urbana) y del cambio en el PIB per c (producto interno bruto per cápita) en el tiempo (variable exógena proyectada en el tiempo simulado), así: ver Figura 346.

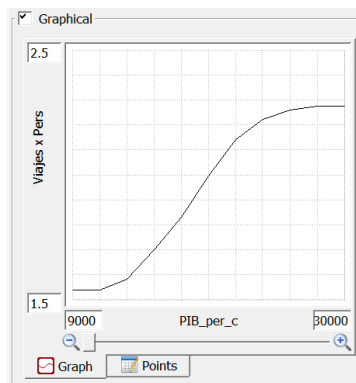


Figura 346 Relación no-lineal entre el PIB per cápita y la cantidad de viajes por persona.  
Fuente: Elaboración Propia

Dado que el modelo de éste sector es una cadena de información (número de viajes > capacidad parque automotor > consumo combustible), se abordará cada uno de los eslabones, así:

### Viajes

Para hallar los viajes por tipo de transporte, primero se calcula el *NoViajes* (número de viajes) como función de los *Viajes x Pers* (viajes por persona), de la *población urbana*, y el *PIB per c* (producto interno bruto per cápita).

Una vez calculados los viajes realizados por la población, se distribuyen en modos de transportes, de acuerdo a una participación de estos, según la encuesta de origen destino de las principales ciudades del país para el primer año. Esta participación varía dependiendo del PIB per cápita. Para hallar los viajes de cada vehículo se tiene en cuenta el índice de ocupación para el caso de automóviles, motos, taxis y bici. Para el caso de transporte masivo se utiliza el Índice de IPK (Índice de personas por Kilómetro recorrido). Ver Figura 347.

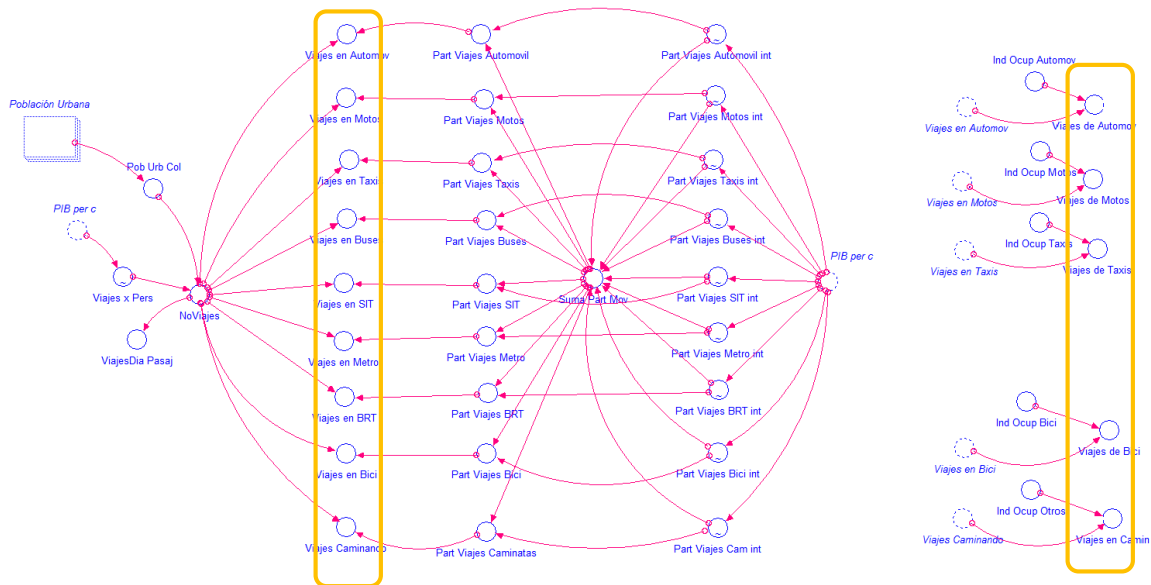


Figura 347. Estructura para calcular la cantidad total de viajes por tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración Propia

### Capacidad del parque automotor

Con el fin de identificar con que vehículos se cubrirán estos viajes, se calculará el parque automotor para cada modo de transporte.

Para el caso de los automóviles, aumenta a un flujo que depende de una tasa de *Crecim ParqA Autom* (crecimiento parque automotor para automóviles) fija. El stock disminuye de acuerdo al flujo de salida *Chat prom* (chatarrazación promedio de los vehículos), que es función de la cantidad de automóviles presentes en el parque automotor (automóviles) y de la *Vida Util Prom* (vida útil promedio), Ver Figura 348.

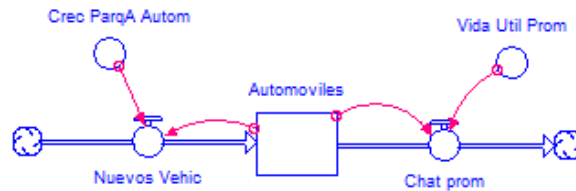


Figura 348 Estructura de entrada y salida de automóviles del stock de automóviles del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Existen diferentes tipos de vehículos caracterizados según el tipo de combustible que usan. Así, cuando entra un nuevo automóvil al parque automotor; éste puede ser cualquiera de los siguientes tipos: Gasolina, Gas Natural Vehicular, Híbrido, Eléctrico. Ver Figura 349.

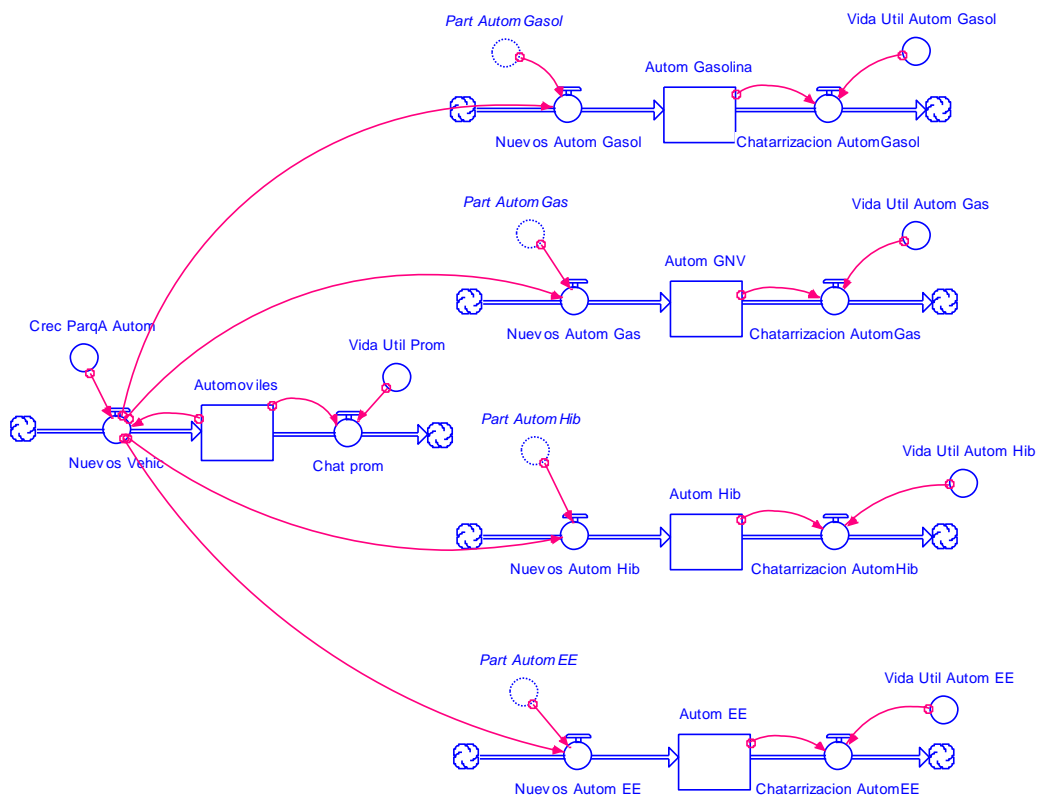


Figura 349 La entrada de nuevos vehículos al stock del país por tipo de combustible.  
Fuente: Elaboración Propia

La decisión de ingresar un automóvil de cierto tipo específico depende de una variable llamada *Part Autom* (participación en los automóviles del tipo de automóvil: Gasolina, Gas, Híbrido y Energía Eléctrica). Ésta variable es pues distinta para cada tipo de vehículo y se calcula como la interacción de varios efectos no-lineales relacionados con la influencia del precio de ese tipo de vehículo y el ánimo político de las autoridades por el uso (o desuso) de ese tipo de automóvil, así: ver Figura 350.



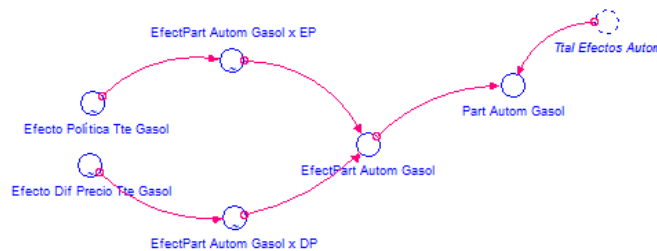


Figura 350 Estructura para calcular la participación de los automóviles a gasolina en el stock de automóviles del país.

Fuente: Elaboración Propia

Este mismo análisis se repite para cada uno de los modos de transporte.

### Consumo de combustible

El consumo de combustible está determinado por el tipo de vehículo, los kilómetros recorridos por cada viaje, el número de viajes que realiza el vehículo en un año, y el rendimiento del tipo de vehículo.

Para calcular el consumo de los viajes de los automóviles, por ejemplo, se debe conocer la participación de cada tipo de automóvil (gasolina, GNV, Híbrido, Eléctrico) en los viajes totales cubiertos por los automóviles que componen el transporte nacional. Se trabaja bajo el supuesto que el tipo de automóvil para cubrir los viajes en automóviles es directamente proporcional a la cantidad que hay de ese tipo en el parque automotor. Ver Figura 351

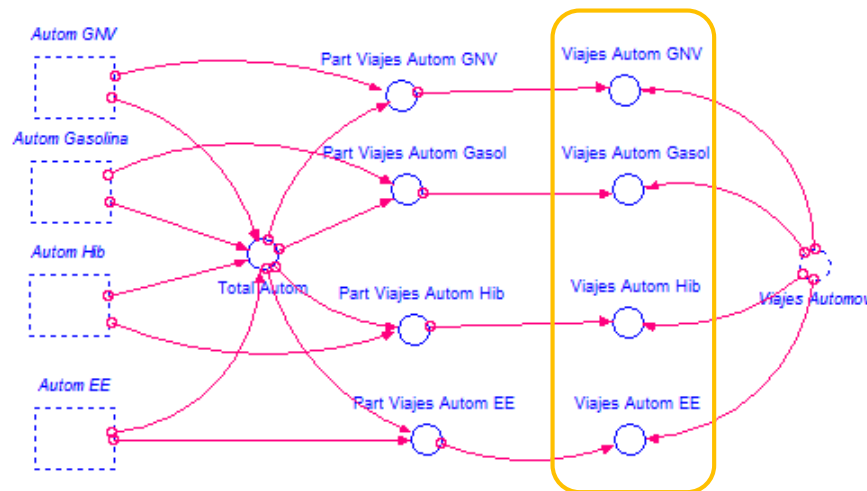


Figura 351 Estructura para calcular la cantidad de viajes por cada tipo de automóvil.

Fuente: Elaboración Propia

Con la información anterior y conociendo el rendimiento energético de cada tipo de automóvil, y los km recorridos por estos, se puede obtener los  $TJ Autom A$  (Tera-joules (o energía) consumidos por los automóviles de tipo A). Así: (ver Figura 352).

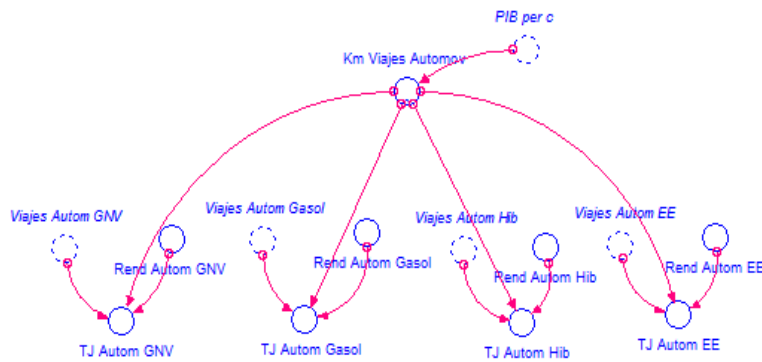


Figura 352. Estructura para calcular el consumo energético de los automóviles del país.

Los km recorridos en cada viaje, dependerá de la función PIB per cápita del país.

Para el caso del transporte masivo se tiene en cuenta los km recorridos en un año por categoría, que es calculado con el Índice de pasajeros por km recorrido (IPK) y los viajes que se hayan realizado en este modo de transporte. Para hallar el consumo de combustible se tienen en cuenta la participación del tipo de vehículo en esta categoría (GNV, Gasolina, EE) y el rendimiento de éste por km recorrido (Ver Figura 353).

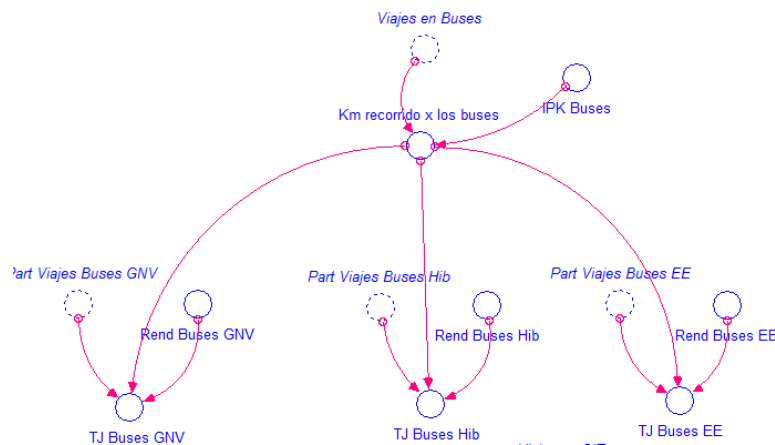


Figura 353. Estructura para calcular el consumo energético de los buses del país.

#### 10.2.1.4 Sector Residencial

El consumo energético en el sector residencial está dado por el uso de los diferentes electrodomésticos en los hogares: iluminación, aire acondicionado, calentadores, estufas, neveras, lavadoras, secadoras, etc. Estos varían dependiendo la región del país. En la medida que haya más hogares, será mayor el consumo energético. Así mismo, en la medida que el país se desarrolle y los hogares tengan un mayor poder adquisitivo para adquirir nuevas tecnologías que consuman energía, entonces se incrementará el consumo. Al mismo tiempo, La adquisición de nueva tecnología viene acompañado de una mayor eficiencia energética que afectará negativamente el consumo.



Donde la población rural crece a partir de una tasa de natalidad que decrece en la medida que aumenta el PIB per cápita. La población rural disminuye por la tasa de mortalidad y por la migración de esta población al casco urbano. La población urbana, a su vez, además de considerar la población que viene de la zona rural, considera los nuevos nacimientos en el casco urbano y disminuye por las muertes que dependen de la tasa de mortalidad por regiones. La población conforma hogares, dependiendo un número de personas por hogar.

Estos hogares, tienen asociados unos consumos en iluminación, refrigeración, acondicionamiento de aire, cocción de alimentos y otros. Estos difieren en valores e intensidades entre los hogares urbanos y rurales, sin embargo, las dinámicas son las mismas, por tanto, se procede a explicar sólo el sector urbano para cada uno de los usos.

### Iluminación

Los hogares con iluminación se acumulan como un stock de *HogU con Iluminación* (hogares urbanos con iluminación) que viene dado por un flujo de entrada de *Nuevos Hog Ilum* (nuevos hogares con iluminación).

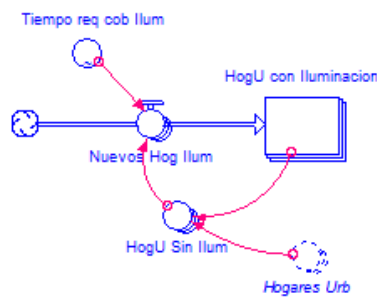


Figura 356. Estructura de alcance de metas para la luminaria de los hogares rural/urbano del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Dicho flujo depende de una meta de hogares urbanos que requieren iluminación. Esta meta es el 100% de los hogares urbanos y requiere de un tiempo mínimo de cumplimiento.

Los hogares tienen varios puntos de iluminación. Este número de puntos se calcula en función de *PIB per c* (producto interno bruto per cápita) con base a la siguiente función no lineal:

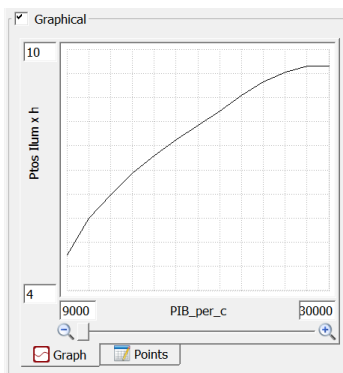


Figura 357. Relación entre PIB per cápita y el número de puntos de iluminación en los hogares del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Se caracterizaron 4 tipos diferentes de tecnologías de luminarias: 1-Incandescente, 2-fluorescente, 3-LED, 4-LED inorgánica.

La teoría detrás de la estructura en cuestión (Ver Figura 358) es que: a medida que el PIB cambia, cambia también la tasa a la cual los hogares adquieren nueva iluminación. La decisión sobre cambiar de tecnología en iluminación depende de la diferenciación de precios y del efecto de la política que esté en el momento.

La iluminación nueva adquirida puede ser de cualquier tipo: fluorescente, LED o LED inorgánica, dependiendo sus tasas de penetración.

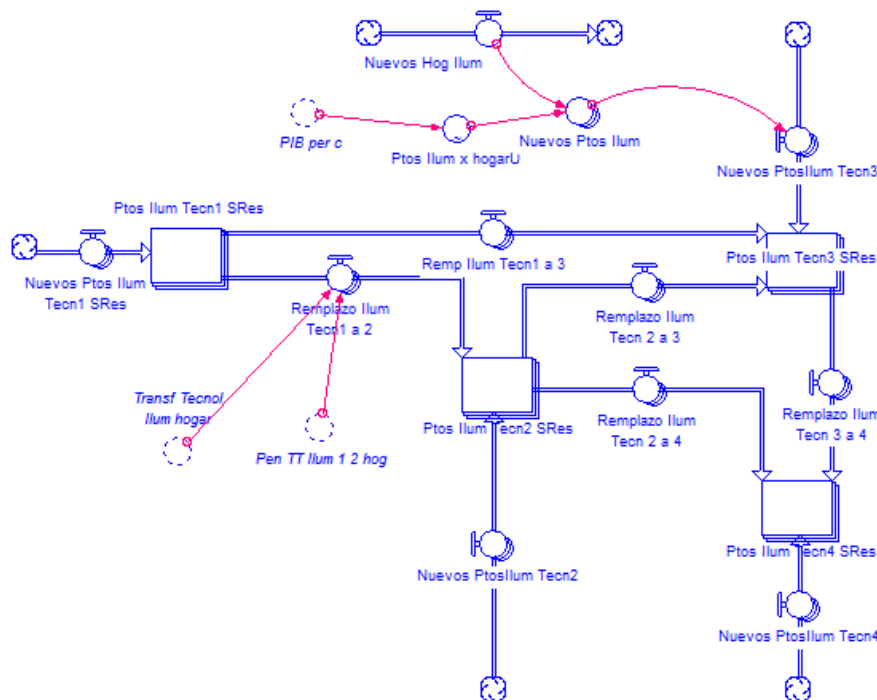


Figura 358. Estructura que da cuenta de la entrada y cambio de luminaria en los hogares del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Los flujos entre stocks, *Remp Ilum Tecn X a Y* (reemplazo iluminación tecnología X a Y), dependen de dos variables: *Transf Tecnol Ilum hogar* (transferencia tecnológica iluminación hogares) y una *Pen TT Ilum X Y hog* (penetración transformación tecnológica de X a Y en los hogares).

*Transf Tecnol Ilum* depende de la influencia que tiene el precio de la tecnología y de la disposición política. *Pen TT Ilum X a Y hog*, son variables normalizadas.

Finalmente, el consumo total de energía en iluminación de los hogares en las regiones del país, viene dado por la suma de los consumos energéticos de cada tipo de tecnología luminaria usada en cada hogar del país. Así:

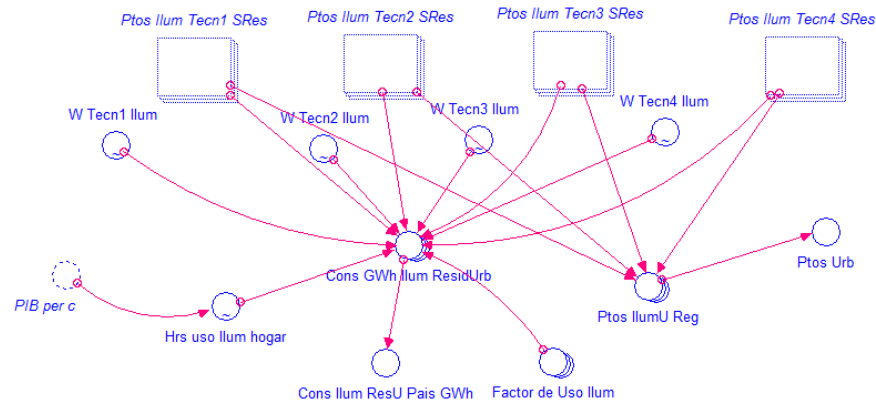


Figura 359. Estructura que consumo de energía eléctrica por iluminación en la zona urbana.  
Fuente: Elaboración Propia

### Refrigeración

Los hogares con refrigerador se acumulan como un stock de *Hog con Refrigerador U* (hogares con refrigeración urbanos) que viene dado por un flujo de entrada *Nuevos Hog Refrig U* (nuevos hogares con refrigerador urbano)

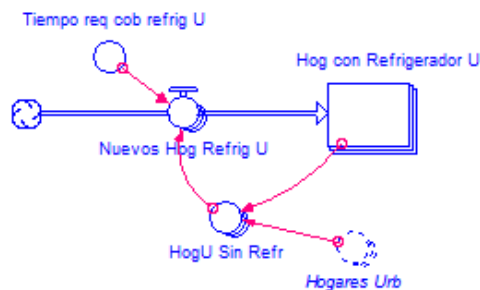


Figura 360. Estructura de alcance de metas para los refrigeradores de los hogares rural/urbano del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Dicho flujo depende de una meta de hogares urbanos que requieren refrigerador. Dicha meta es función del número total de *Hogares Urb* (hogares urbanos) y el número de *HogU con Refrigerador* (hogares urbanos con refrigerador).

La teoría detrás de la estructura pretende explicar la renovación del refrigerador en los hogares urbano y rural del país y la adquisición de nuevos refrigeradores por la conformación de nuevos hogares. Para ello, se utiliza una cadena de envejecimiento que da cuenta de la dinámica de adquisición de nuevos refrigeradores por parte de los hogares. El modelo asume que los hogares del país adquieren un nuevo refrigerador cada 20 años. Luego para calcular el consumo energético, se utiliza un flujo adyacente de consumo energético de los refrigeradores de los hogares para 2 tipos de refrigeradores: menores de 10 años y mayores de 10 años. (ver Figura 361)

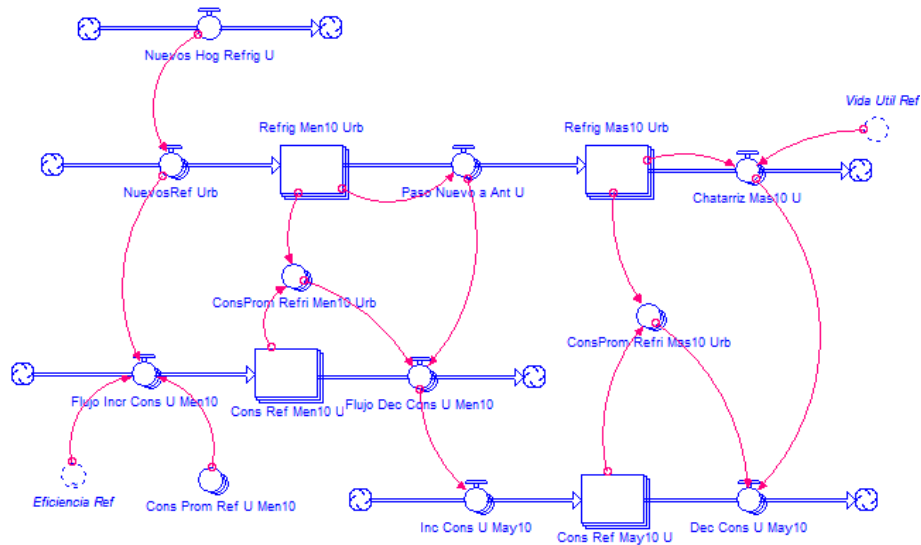


Figura 361. Cadena de envejecimiento de los refrigeradores de los hogares del país y su flujo adyacente del consumo energético asociado.

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el consumo energético total por refrigeración de los hogares urbano y rural del país viene dado por la suma del consumo de los 2 tipos de refrigeradores.

### Acondicionamiento de Aire

Para calcular el consumo energético por el acondicionamiento de aire de los hogares urbano y rural del país, se utiliza una estructura de cadena de envejecimiento de una sola etapa con un flujo adyacente que da cuenta del consumo de los 2 tipos de acondicionamiento de aire: ventilador y aire acondicionado, en cada una de las 3 regiones. Así:

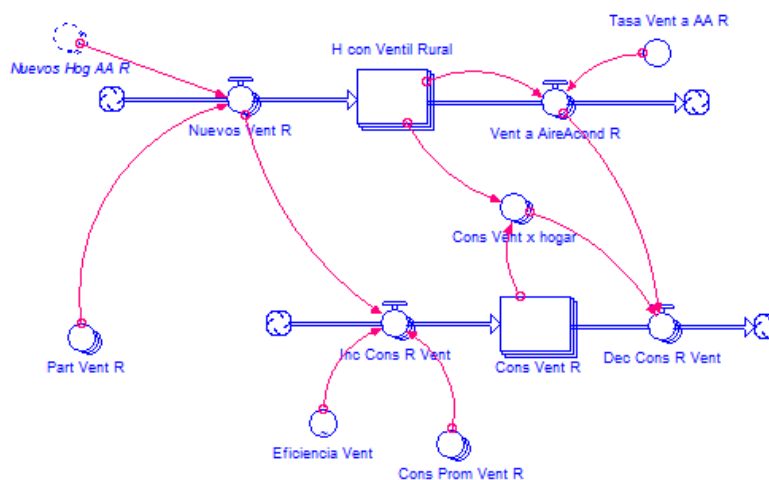


Figura 362. Cadena de envejecimiento con flujo adyacente para calcular el consumo energético de los ventiladores en la ruralidad del país.

Fuente: Elaboración Propia

El producto de la variable *Part Vent U* (participación de ventiladores), multiplicado la cantidad de *Nuevos Hog AA U* (nuevos hogares urbanos con acondicionamiento de aire), dicta el flujo de entrada *Nuevos Vent R* (nuevos ventiladores urbanos). El flujo de salida *Vent a AireAcond R* (ventilador a aire acondicionado rurales) reduce el stock de hogares con ventilador y asume que los hogares cambian sus ventiladores por aire acondicionado.

Contrariamente, el modelo supone que los hogares no cambian su sistema de aire acondicionado por ventiladores. Para ello, la estructura es la siguiente, así:

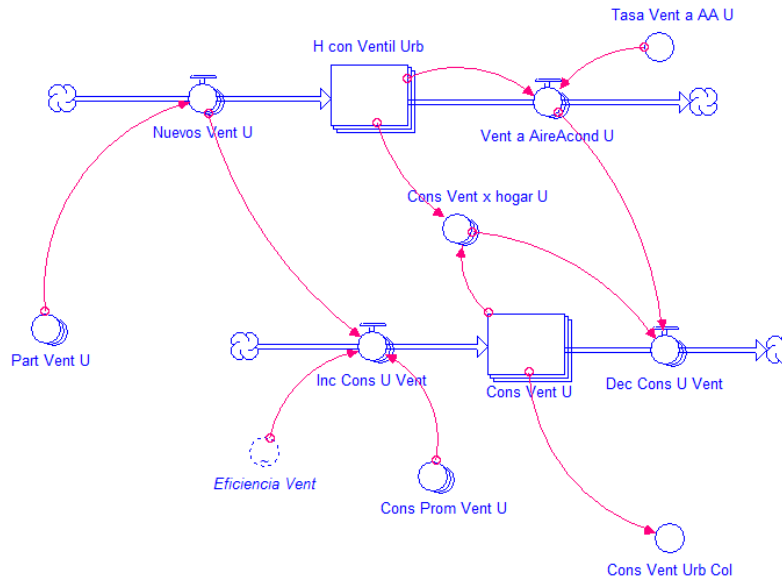


Figura 363. Estructura para calcular el consumo energético de los sistemas de ventiladores en la zona urbana del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Otra vez, la variable *Part Vent U* (participación de ventiladores urbanos), menos la unidad (1), ofrece la participación del aire acondicionado urbanos.

El desequilibrio de las estructuras de la Figura 362 y Figura 363 (anteriores), viene de una estructura de alcance de metas. Ver Figura 364.

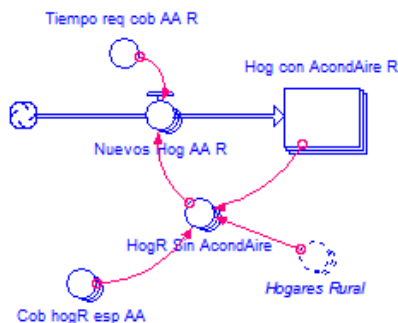


Figura 364. Estructura de alcance de metas para activar las dinámicas del sector.  
Fuente: Elaboración Propia



La meta es el producto entre la cantidad de *Hogares Rural* (hogares rurales) multiplicado por la *Cob hogR esp AA* (cobertura esperada de acondicionamiento de aire en los hogares rurales), menos *Hog con AcondAire R* (hogares rurales con aire acondicionado). Si esta diferencia existe, entonces existe un flujo de entrada de *Nuevos Hog AA R* (nuevos hogares rurales acondicionamiento de aire) cada cierto *Tiempo req cob AA R* (tiempo requerido para alcanzar la cobertura de acondicionamiento de aire en los hogares rurales). La diferencia existe gracias a que el modelo asume que cada región tiene una tendencia a adquirir sistemas de acondicionamiento de aire. Así:

Región	Cobertura deseada (%)
Baja altitud	100
Media altitud	30
Alta altitud	20

### Cocción de Alimentos

Para la cocción de sus alimentos, los hogares rurales y urbanos del país utilizan estufas que funcionan con alguno de los siguientes energéticos: Leña, Gas natural, Electricidad (GLP, no se incluye para esta entrega).

Para calcular el consumo energético por la cocción de alimentos de los sectores urbano y rural del país, se utiliza una estructura de cadena de envejecimiento de una sola etapa con un flujo adyacente que da cuenta del consumo de los 3 tipos de estufas, en cada una de las 3 regiones.

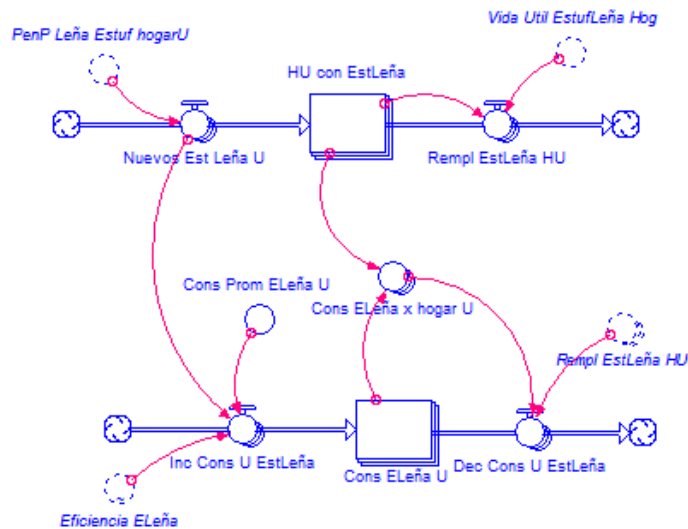


Figura 365. Estructura para calcular el consumo del energético 'leña' como un stock adyacente a la cantidad estufas correspondientes.

Fuente: Elaboración Propia

La información del flujo de salida *Reempl EstLeña HU* (reemplazo estufa de leña hogares urbanos) alimenta el flujo de entrada *Nuevos Est GN U* (nuevas estufas a gas natural urbanas) considerando que los hogares hacen la transición de leña a gas. Ver Figura 366.

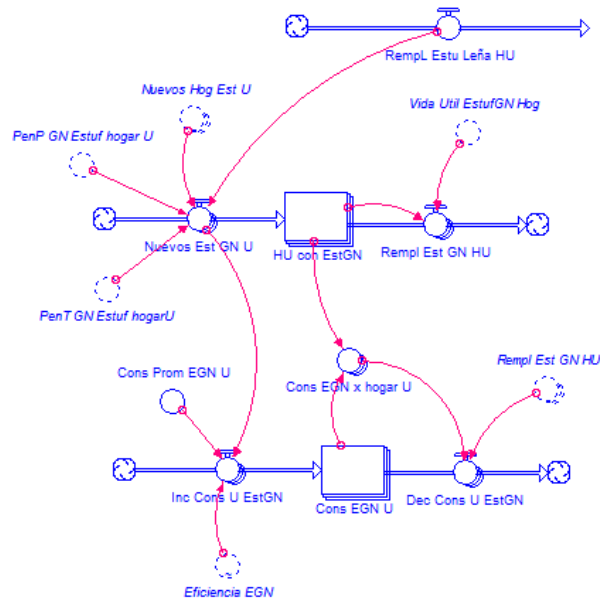


Figura 366. Estructura para calcular el consumo energético de las estufas de gas del país.  
Fuente: Elaboración Propia

Algo similar ocurre con el flujo de entrada *Nuevos Est EE U* (nuevas estufas eléctricas en hogares urbanos): los hogares del país cambian su estufa de leña o de gas por estufa eléctrica.

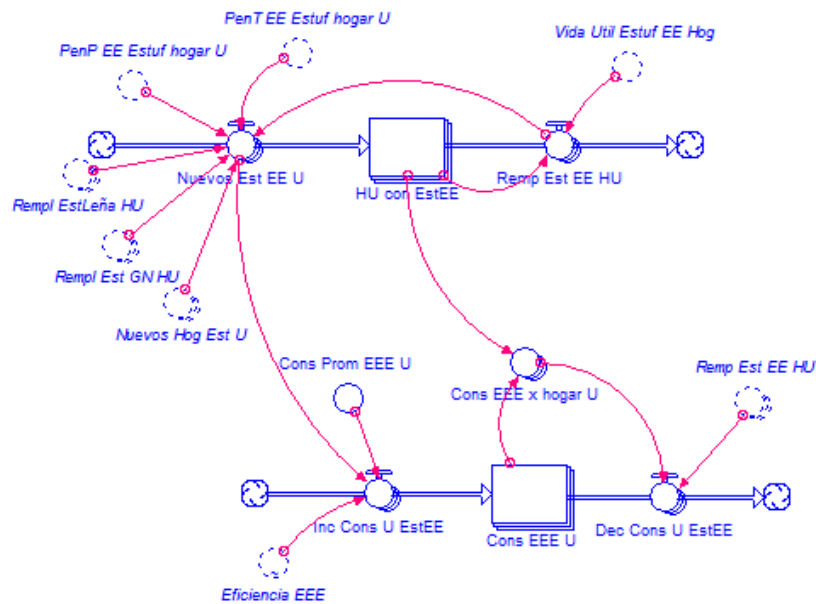


Figura 367. Estructura para calcular el consumo del energético 'gas' como un stock adyacente a la cantidad estufas correspondientes.  
Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el equilibrio de éste modelo de consumo energético de la cocción de alimentos en los hogares urbano y rural del país, se rompe dado que hay una estructura de alcance de metas.

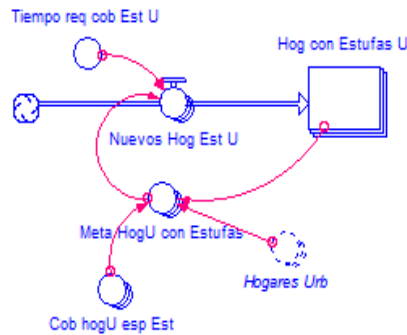


Figura 368. Estructura de alcance de metas que desequilibra el sistema.  
Fuente: Elaboración Propia

La variable *Cob hogU esp Est* (cobertura esperada de estufas en los hogares urbanos) es la cobertura esperada para los hogares urbanos.

Región	Cobertura deseada (%)
Baja altitud	100
Media altitud	100
Alta altitud	100

Finalmente, la suma del consumo energético por cada uno de los usos es la demanda de energía del sector residencial.

#### 10.2.1.5 Sector Generación de Energía

Este módulo describe la generación de energía eléctrica y su demanda de combustibles. La generación se da con la capacidad instalada y según el factor de planta de cada una de las tecnologías. Inicialmente se genera con Hidro, PCH, Eólica y Solar, asumiendo que son parte de la base para la atención de la demanda. En el caso de la Hidro, se supone que tiene un costo variable menor a las otras tecnologías y por tanto se asume que sale despachada. La demanda resultante entre la demanda del período y la atendida por estas tecnologías se denomina demanda por atender y se cubre con generación de Gas, Carbón y Fuel Oil, considerando sus costos nivelados, mediante una función Logit. Ver Figura 369.

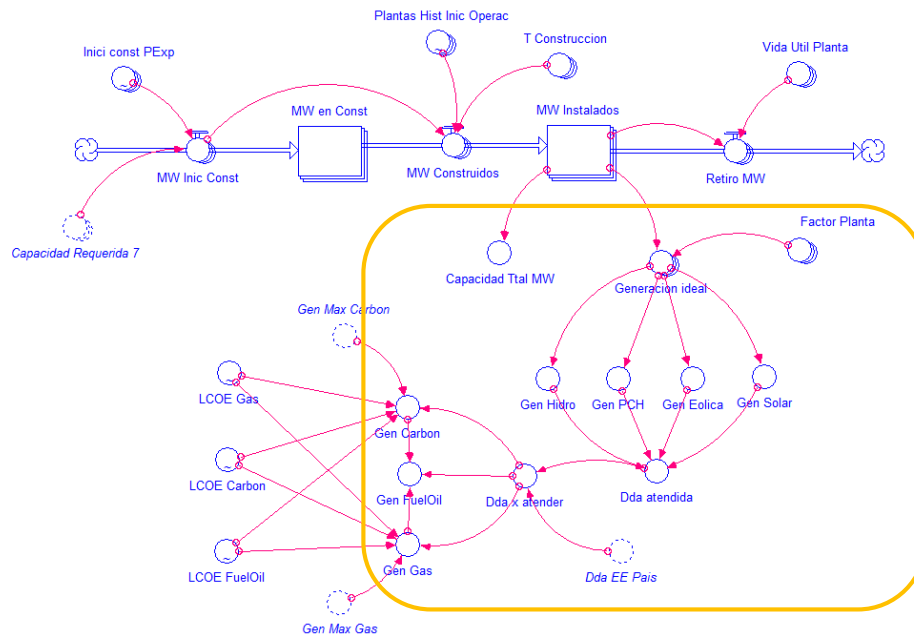


Figura 369. Estructura de Generación de Energía eléctrica con diferentes tecnologías.  
Fuente: Elaboración Propia

La expansión de la capacidad de generación (Ver Figura 370) se da luego de comparar el Enficc de las plantas existentes y de las que estarán disponibles para el periodo de estudio y la demanda de energía proyectada, conservando un margen deseado. Una vez determinada la energía que se requiere cubrir, se toma la decisión sobre cual tecnología invertir dependiendo sus costos nivelados. Se calcula la capacidad requerida por tecnología dependiendo el factor de planta promedio de cada una de ellas.

El periodo de estudio para determinar la expansión será de 7 años hacia adelante. Se asume un periodo de construcción promedio para cada tecnología, así:

Tecnología	Tiempo promedio construcción
Hidraulica	6
Gas	3
Carbón	3
PCH	3
Eólica	1
Solar	1
Fuel Oil	1

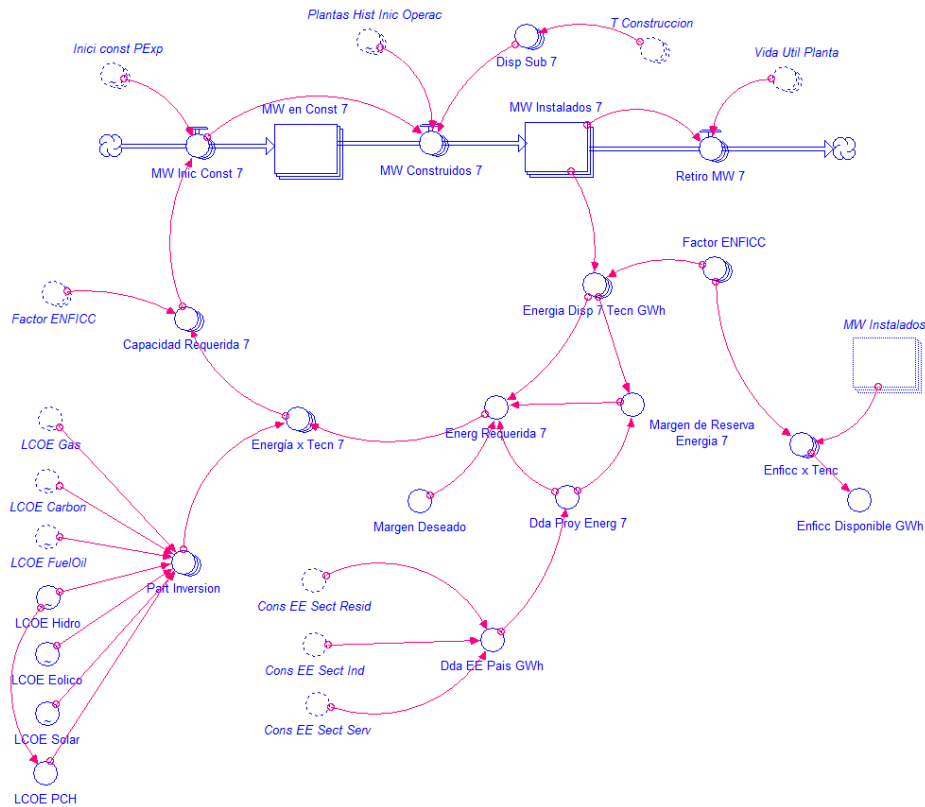


Figura 370. Estructura de expansión del parque de Generación de Energía eléctrica.  
Fuente: Elaboración Propia

10.2.2 Entrega de los modelos de dinámica de sistemas creados en el marco del convenio  
Los modelos creados en este convenio fueron elaborados en el software iThink versión 10.0.4. y se hacen entrega como un anexo a este documento. Cada módulo fue validado y calibrado con información suministrada por la UPME de estudios anteriores, resultados de modelos como el MAED, adaptación del NEMS a Colombia, ENPEP y ejercicios de modelación propia del equipo de demanda.

A continuación, se observa la simulación de algunas variables bases del modelo, como la población, los hogares, el PIB nacional, PIB per cápita y PIB por sectores y algunas de ellas en comparación con resultados de modelos alternos de la UPME.

Para el caso de la población, la UPME emplea un modelo econométrico, mientras que el modelo de dinámica de sistemas (DS) representa las dinámicas poblacionales con tasas de natalidad, mortalidad y emigración. Sin embargo, los dos modelos presentan la misma tendencia (Ver Figura 371). El modelo de la UPME, está un poco por encima del modelo de dinámica de sistemas hasta el año 2033, donde disminuye la tendencia hasta 2050 reflejando una disminución de natalidad progresiva. Mientras que el modelo en DS su tasa de natalidad disminuye más lentamente.

A 2050, el modelo de la UPME proyecta una población cercana a 64,8 millones mientras en el modelo de DS la proyecta 68,3. Es decir, hay un margen del 5% de diferencia, lo cual es considerado aceptable.

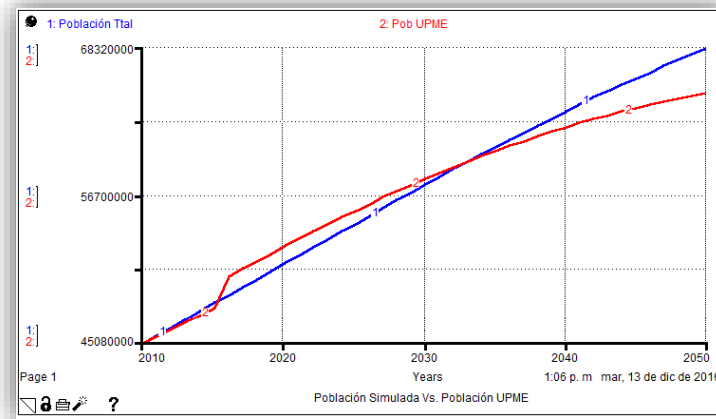


Figura 371. Población simulada Vs. población del modelo UPME  
Fuente: Elaboración Propia

Otra variable importante, para la simulación de consumo de energéticos en el sector residencial es la variable de hogares. En la Figura 372 se observa que el crecimiento del número de hogares es consistente en órdenes de magnitud con el modelo econométrico presentado por la UPME (mostrado en rojo). A 2050 el modelo de la UPME proyecta 31,9 millones de hogares, mientras que el modelo en DS proyecta 28 millones de hogares. Las diferencias principales obedecen a la disminución en el número de personas por hogar, el cual disminuye a una tasa más alta en el modelo econométrico que en el poblacional de dinámica de sistemas, que lo hace dependiendo el PIB per cápita del país.

Los dos modelos en conjunto, presentan un rango posible, disminuyendo la incertidumbre sobre las proyecciones econométricas y permitiendo prever impactos.

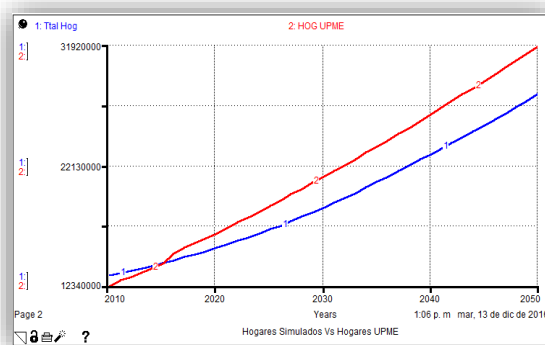


Figura 372. Hogares simulada Vs. Hogares del modelo UPME  
Fuente: Elaboración Propia

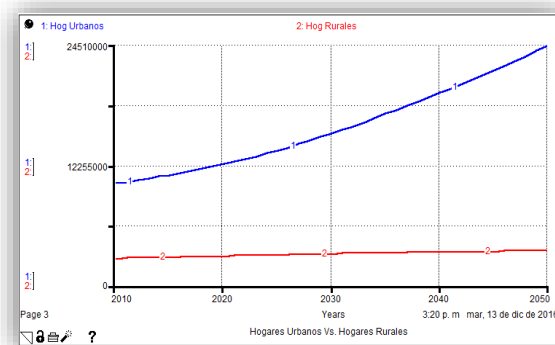


Figura 373. Hogares Urbanos Vs. Hogares Rurales  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 373 se observa el crecimiento de los hogares urbanos y un leve crecimiento de hogares rurales para el 2050. Bajo estas proyecciones, se espera una relación de 7 hogares urbanos por cada hogar rural a nivel nacional en el 2050. Al 2015 se tiene una relación cercana a 4.

El PIB nacional es una variable externa, y se trabajó con la proyectada por la UPME. Como sigue:

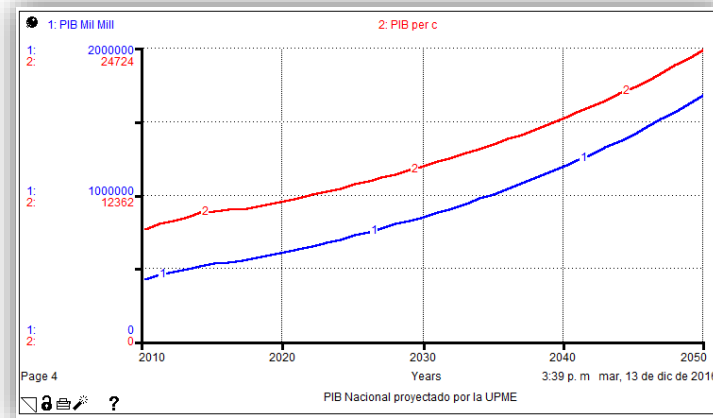


Figura 374. PIB Nacional en Miles de Millones de COP  
Fuente: Elaboración Propia

Se proyecta un PIB de 1.680 billones de pesos colombianos a 2050 equivalentes a 560 mill millones de dólares (asumiendo una TRM de 3000 pesos). Esto equivale a tener un PIB per cápita cercano a 25 millones de pesos.

El PIB por sectores se muestra en la Figura 375. El subsector con mayor PIB es el de Alimentos, Bebidas y Tabacos. Si bien el PIB es una variable externa, se puede simular diferentes escenarios de crecimiento de los subsectores y ver como estos impactan el consumo de los diferentes energéticos.

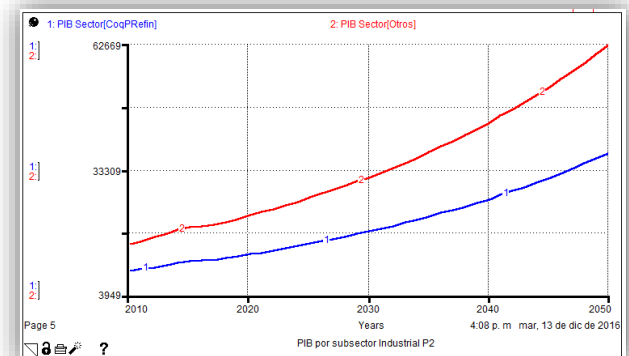
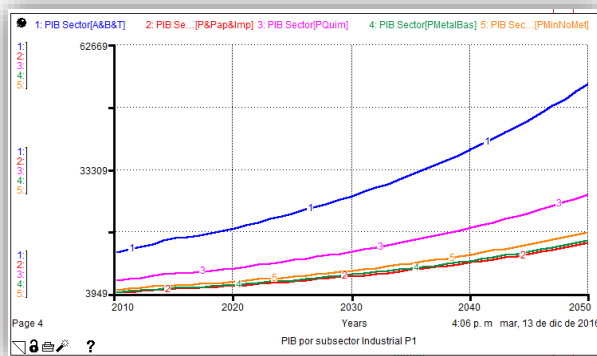


Figura 375. PIB para cada subsector de la Industria (Miles de Millones de COP)  
Fuente: Elaboración Propia

### Valor agregado a los mapas de ruta

En el 2015 la UPME estableció un mapa de ruta para “mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor”. Mapa de ruta enmarcado en el estudio “Mapas de ruta para la materialización de dos objetivos energéticos” desarrollado por la Unión Temporal CIDET – IEB junto con la Unidad de Planeación. Para este objetivo se establecieron las acciones señaladas en la Figura 376.

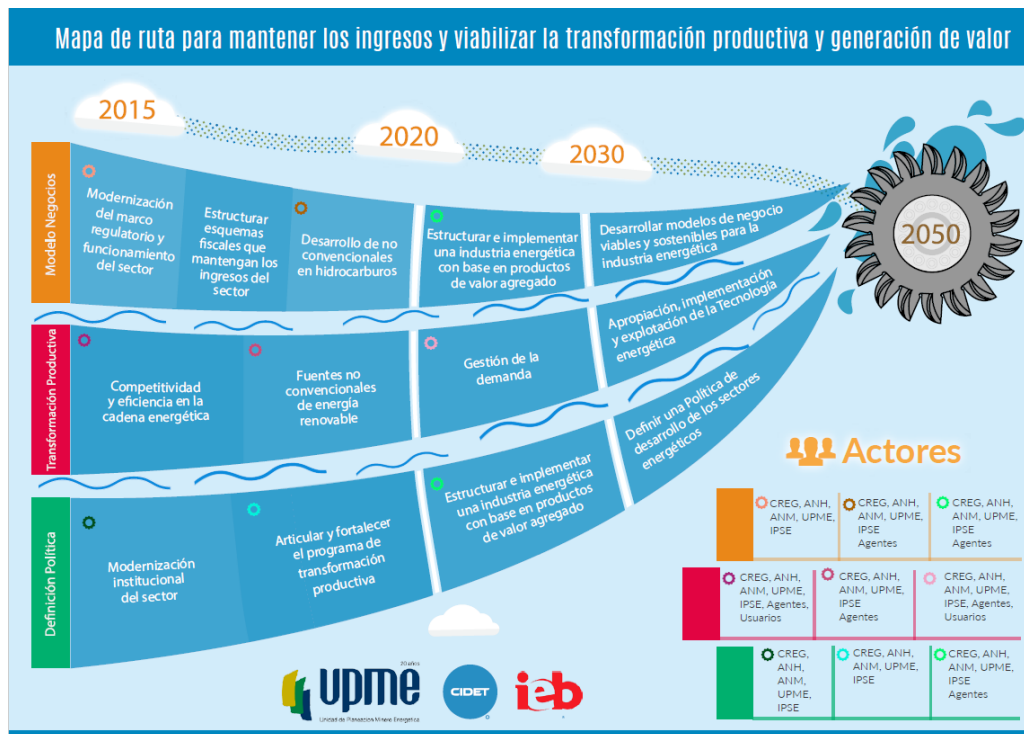


Figura 376. Mapa de Ruta para mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor  
Fuente: UPME – CIDET – IEB (2015)

El modelo desarrollado en este convenio permite evaluar algunas de las acciones consideradas en el mapa de ruta. Por ejemplo, en el eje de transformación productiva se considera la gestión de la demanda como una acción para desarrollar desde el 2020. En el modelo, esto se puede evaluar en la variable impacto de políticas para la transformación tecnológica, que acelera la tasa de transformación de diferentes tecnologías en los diferentes sectores, para alcanzar mayores eficiencias energéticas.

Mientras que la acción “Incentivar las Fuentes no convencionales de energía renovables” puede evaluarse mediante la variable Costo Nivelado por tecnología en el módulo de generación, disminuyendo el LCOE de las tecnologías no convencionales mediante una política, y así incentivar la inversión en este tipo de tecnología a la hora de expandirse el parque de generación.

Además de esto, dadas la funcionalidad de la metodología de dinámica de sistemas, el modelo permite ser complementado fácilmente con el módulo de oferta de los energéticos, en donde se pueden evaluar otras de las acciones del mapa de ruta.



### 10.2.3 Resultados de los modelos de dinámica de sistemas

A continuación, se describen algunos de los resultados del modelo desarrollado, para esto se mostrarán algunos de los sectores.

Para el caso del modelo residencial se puede observar las diferentes dinámicas de la evolución tecnológica en los diferentes usos del sector residencial.

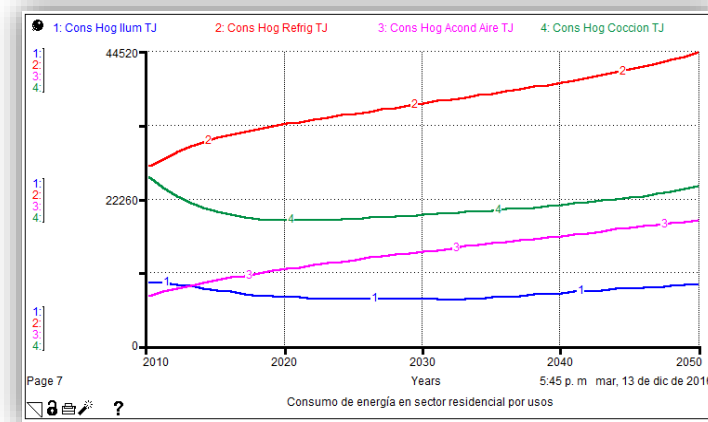


Figura 377. Consumo en TJ de los diferentes usos en el sector residencial  
Fuente: Elaboración Propia

Se observa una caída inicial en el uso de iluminación y cocción y luego una leve recuperación para el año 2020 en el caso de cocción y en el año 2030 para iluminación. El consumo en acondicionamiento de aire empieza a tomar importancia acercándose al consumo en TJ de cocción.

En cuanto a iluminación, los puntos y la participación por tipo de bombillas, es consistente con el histórico presentado por la UPME.

El crecimiento en el número de puntos de iluminación presentado Figura 378, está ligado al crecimiento del número de hogares en Colombia, pasando de cerca de 75 Millones en 2015 a cerca de 175 Millones de iluminarias en 2050. Esto obedece, a que existe un cambio en la cantidad de iluminarias por hogar debido a la capacidad de gasto de los hogares (reflejada en el modelo como cantidad de iluminarias por crecimiento del PIB), que modifican la estética de los techos usando cada vez más techos falsos y luminarias incrustadas.

El crecimiento de las bombillas para el escenario *Business as usual*, donde la política de cambio de bombillas se sigue basando en la limitación de venta de bombillas incandescentes, sin incentivar las bombillas LED, las bombillas FC presentan un crecimiento importante que dominarían el mercado durante los próximos 35 años, tal como se observa en la Figura 379.

Como se observa, el crecimiento del número de bombillas LED crece lentamente, logrando una participación cercana del 20% hacia el año 2032, y obteniendo una participación del 45% a 2050.

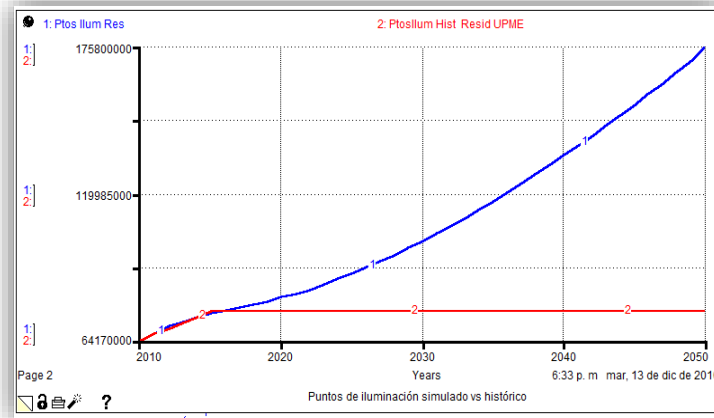


Figura 378. Puntos de iluminación en el sector residencial  
Fuente: Elaboración Propia

Una nueva tecnología, la cual viene ganando momento, como la LED orgánica (OLED), puede ingresar tímidamente hacia 2030, logrando participaciones del 8% hacia 2050.

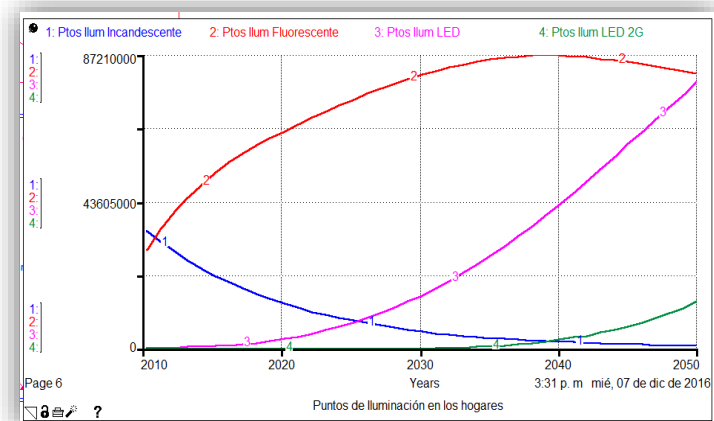


Figura 379. Puntos de iluminación por tecnología en el sector residencial  
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al consumo, los resultados del modelo muestran una disminución progresiva del consumo en iluminación debido al cambio tecnológico hacia tecnologías FC y LED, con su máxima caída en el 2032, donde el crecimiento del número de hogares sobrepasa la disminución en eficiencia y por tanto el consumo sigue aumentando con el número de hogares. Hacia 2032, se presenta una disminución de cerca del 27% con relación al consumo del año 2010. En rojo se muestra el consumo estimado por UPME y en azul los resultados del modelo proyectados a 2050.

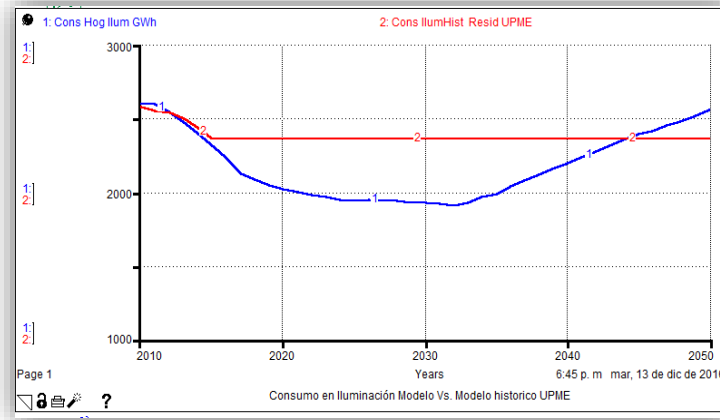


Figura 380. Consumo de energía en iluminación en el sector residencial  
Fuente: Elaboración Propia

En refrigeración se tuvieron en cuenta los datos de consumo histórico estimados por la UPME, que se muestran a continuación:

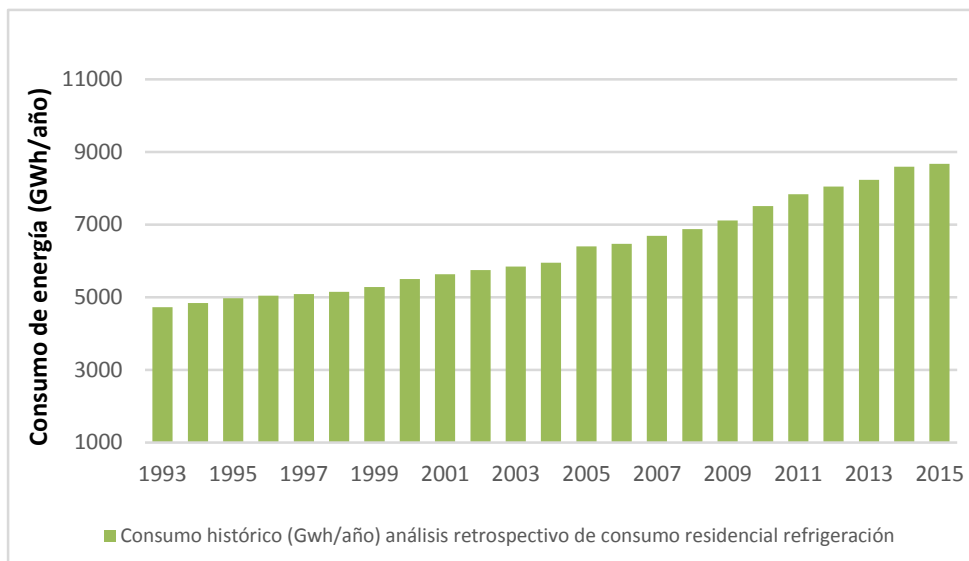


Figura 381. Consumo histórico de energía en refrigeración en el sector residencial  
Fuente: UPME

La proyección del consumo en refrigeración presenta un crecimiento que disminuye en su tasa con relación a las tasas de los años 2010-2015. Esto se debe principalmente a la progresiva eficiencia de las neveras. El siguiente resultado es para el escenario en el cual las neveras tienen una vida útil estimada de 12 años:

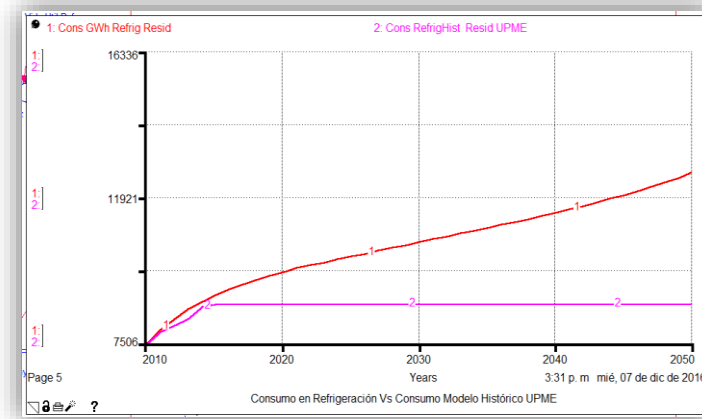


Figura 382. Consumo de energía en refrigeración en el sector residencial  
Fuente: Elaboración Propia

En este escenario, una poca cantidad de neveras (al rededor del 8%) con antigüedad de más de 10 años permanecen en el tiempo, disminuyendo el consumo en refrigeración. Ver Figura 383.

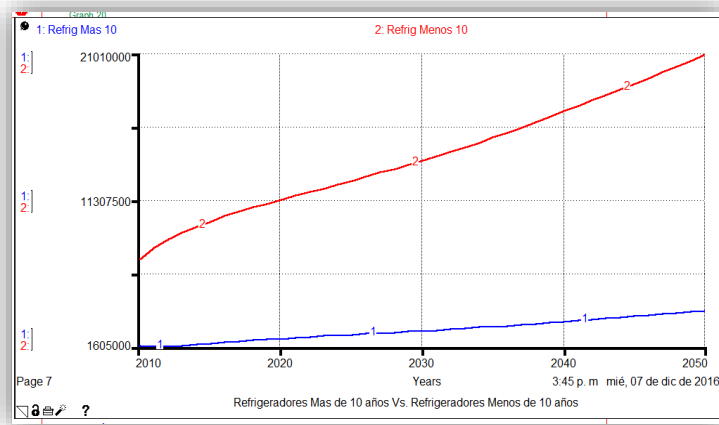


Figura 383. Refrigeradores con Más de 10 años Vs. Menos de 10 años. Esc Vida Útil 12 años  
Fuente: Elaboración Propia

En contraposición, el escenario donde la vida útil de los refrigeradores es de 20 años, hace que la distribución de las neveras de más de 10 años aumente significativamente, al igual que el consumo, pasando de 12200 GWh a 12600 GWh en el año para el 2050. Ver Figura 384 y Figura 385.

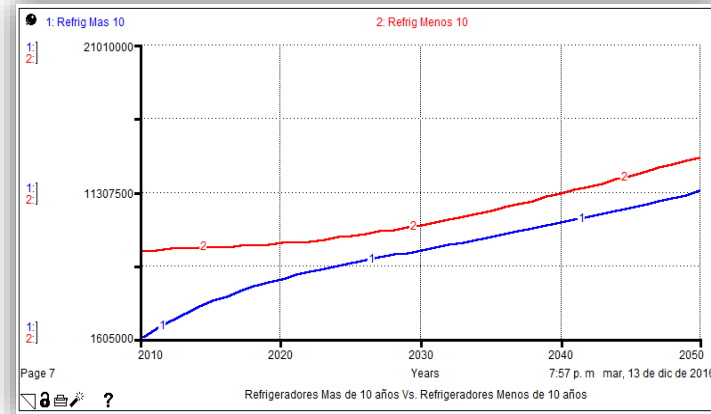


Figura 384. Refrigeradores con Más de 10 años Vs. Menos de 10 años. Esc Vida Útil 20 años  
Fuente: Elaboración Propia

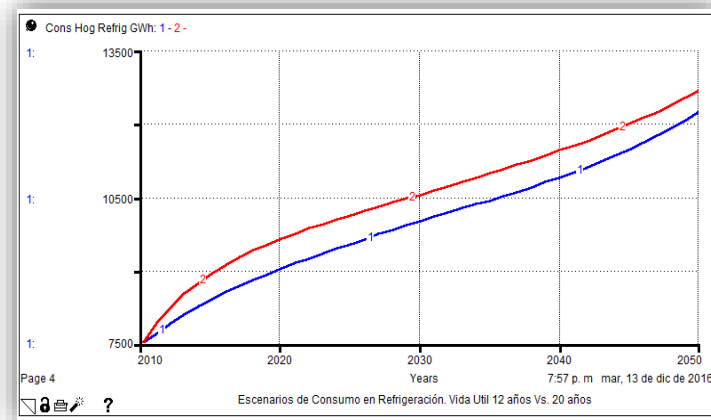


Figura 385. Consumo en Refrigeración. Esc Vida Útil 12 años (1) Vs. Esc Vida Útil 20 años  
Fuente: Elaboración Propia

Así como en iluminación y refrigeración, el modelo permite el análisis de cambios tecnológicos en acondicionamiento de aire y de cocción. Permite evaluar, cómo impacta el consumo, una política de eficiencia energética en aires acondicionados en la región de baja altitud, o cómo varía el consumo de leña para la zona rural, si se implementa una política de transformación de estufas de leñas a gas natural o energía eléctrica.

Para el sector Industrial, la UPME cuenta con varios modelos de consumo para el planeamiento de políticas y la evaluación de la evolución industrial desde diversas perspectivas. El modelo de DS fue comparado con dos de estos modelos: Modelo inspirado en el NEMS (Modelo del ministerio de energía de Estados Unidos) y MAED. El inspirado en el NEMS presenta resultados hasta 2040, mientras que el MAED proyecta a 2050.

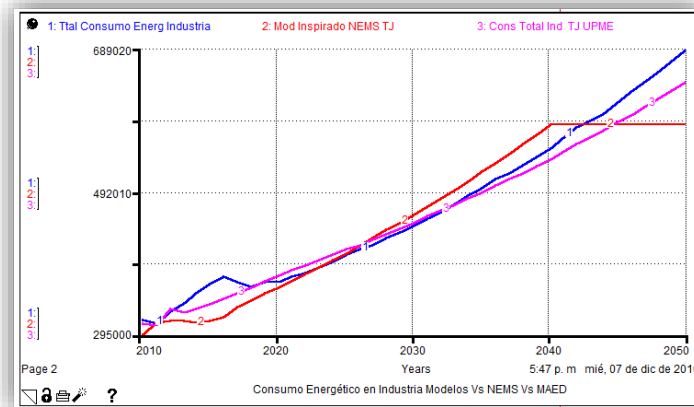


Figura 386. Consumo energético en la Industria. Resultados del modelo vs. resultados UPME  
Fuente: Elaboración Propia

Los tres modelos presentan resultados similares en orden de magnitud. siendo que los últimos años de simulación el modelo de DS tiene tasas de crecimiento un poco más elevadas que el MAED.

Si bien las proyecciones difieren en el corto plazo, en el mediano plazo son consistentes, presentando resultados similares en orden de magnitud. En el largo plazo, nuevamente se dispersan un poco, siendo la proyección del modelo inspirado en NEMS un poco más alta que la del modelo de DS. Para el año 2040, éste tiene un valor cercano a 580 PJ mientras que el modelo de DS alcanza valores cercanos a 530 PJ, al igual que el MAED.

Al 2050, el modelo MAED presenta menor consumo con valores cercanos a 650 PJ, mientras que el inspirado en NEMS podría estar por encima de 780 PJ. El Modelo en DS, presenta consumos cercanos a 670 PJ para su escenario *Business as usual*. Es decir, estos modelos presentan en conjunto un rango probable entre 670 y 780 PJ a 2050.

Para el modelo de DS se simuló el consumo en TJ para cada subsector del sector industrial, los cuales se presentan en las siguientes figuras.

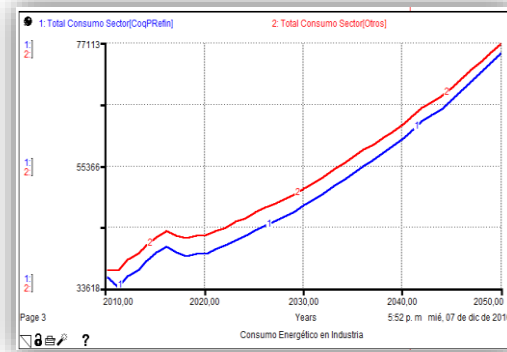
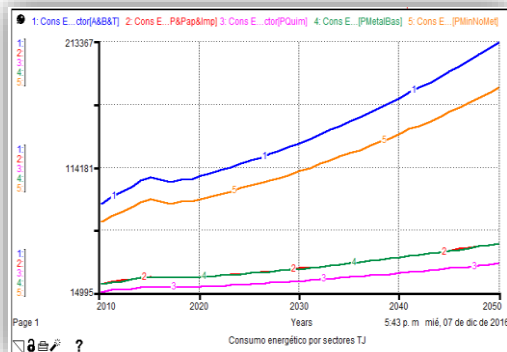


Figura 387. Consumo energético de los subsectores en la Industria.  
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en las Figuras anteriores, el crecimiento de los sectores es progresivo, sin que alguno remplace a otro en consumo energético, en el escenario *Business as usual*.

Asumiendo una política solamente para calor indirecto de mejorar la eficiencia en un 20% en los próximos 20 años (20-20), se obtendría una disminución del consumo total de la industria de 690 PJ a cerca de 660 PJ a 2050, es decir una reducción cercana al 5% en el consumo.

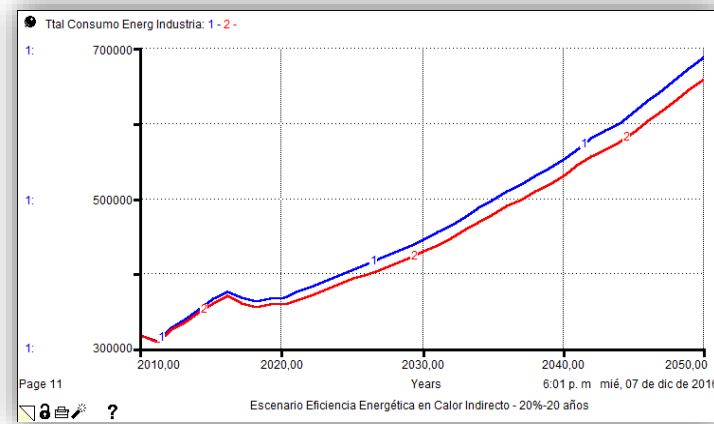


Figura 388. Consumo energético en la industria. Escenario EE en CI 20-20  
Fuente: Elaboración Propia

Mientras que una política de mejorar la eficiencia de fuerza motriz en un 20% en 15 años, tendrá un impacto de 1% sobre el total del consumo industrial a 2050.

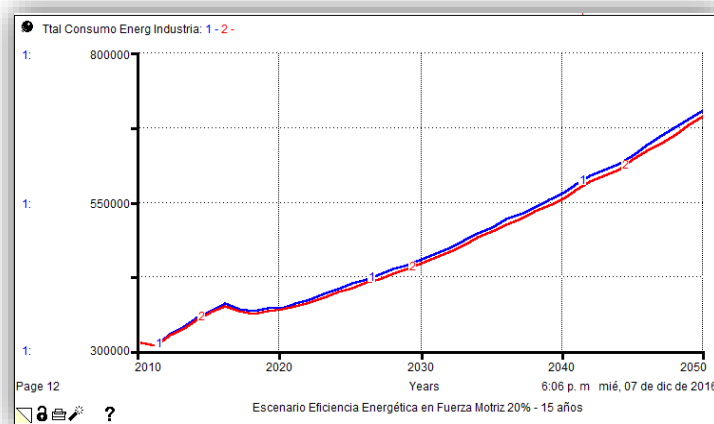


Figura 389. Consumo energético en la industria. Escenario EE en FM 20-15  
Fuente: Elaboración Propia

Si se empleara una política conjunta de eficiencia en Fuerza Motriz y Calor Indirecto, se podría tener un impacto mayor, equivalente a la suma de las políticas.

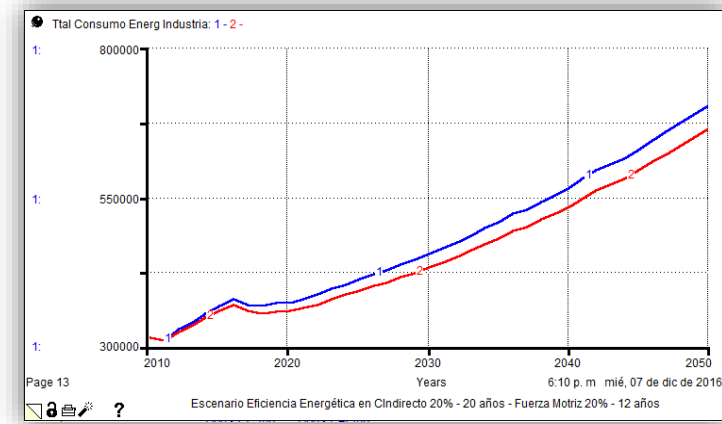


Figura 390. Consumo energético en la industria. Escenario EE en CI y FM  
Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, se deben generar políticas ambiciosas y realistas que permitan modificar disruptivamente los procesos de forma importante, visualizando la disminución del consumo, más allá de la formulación de metas de eficiencia.



## 11 Revisión y propuesta de mejoras de la encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la Industria Manufacturera EDIT

La siguiente sección tiene como objetivo estudiar las principales encuestas de investigación internacionales tales como la encuesta de I+D e Innovación Empresarial USA y la encuesta de Innovación de la Comunidad Europea (CIS). Así mismo revisar la encuesta del DANE “Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT” para proponer mejoras que puedan enriquecer la información disponible sobre evolución tecnológica y energética en el sector industrial, así como la muestra poblacional en la cual se aplicará dicha encuesta por parte de la UPME. De igual forma, se pretende elaborar una propuesta que permitirá enriquecer la información en el sector transporte, residencial y terciario en lo referente a la evolución tecnológica y energética. Finalmente, esta sección pretende proponer un estudio Delphi que permita recoger información sobre el futuro de una manera sistemática.

### 11.1 Definiciones de innovación

El desarrollo de nuevas tecnologías y la comprensión de procesos de innovación son fundamentales para el progreso de la actual economía globalizada, en la cual, el acceso a la información, el desarrollo de mercados internacionales y los cambios en las formas de organizarse y competir en los mercados son los que permiten mejoras en las tasas de crecimiento y productividad (OECD/Eurostat, 2005). A pesar de su importancia, la falta de información sistemática y fiable es una restricción que no permite analizar con precisión la innovación, los cambios tecnológicos y los problemas asociados a dichos fenómenos.

Debido a lo anterior el Manual de Oslo, surge como primer acercamiento a la medición de la innovación y por medio de este se dictan directrices que permiten el desarrollo de indicadores de innovación que pueden ser comparables entre distintos países. Según la OCDE/Eurostat (2005), el Manual de Oslo tiene dos objetivos centrales: el primero consiste en brindar un marco mediante el cual las encuestas existentes puedan evolucionar hacia la comparabilidad; y el segundo, se refiere al apoyo que se brinda a quienes se acercan por primera vez al campo de la innovación, especialmente en la claridad de conceptos.

A continuación, se exponen algunos de los conceptos que brindan claridad sobre el significado de innovación y los tipos de innovación existentes:

Según la OECD/Eurostat (2005) **innovación de producto** es la introducción en el mercado de un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado con respecto a sus capacidades, facilidad de uso, componentes o subsistemas. Las innovaciones de producto (nuevas o mejoradas) deben ser nuevas para su empresa, pero no necesariamente nuevas en su mercado. Las innovaciones de producto podrían haber sido desarrolladas originalmente por su empresa o por otras empresas o Instituciones.

Un bien suele ser un objeto tangible, como un teléfono inteligente, mobiliario o software empaquetado, pero el software descargable, la música y las películas son también bienes. Un servicio es generalmente intangible, como venta minorista, seguro, cursos educativos, viajes aéreos, consultoría, etc.

Por otra parte, **innovación de proceso** se refiere a la implementación de un proceso de producción nuevo o significativamente mejorado, método de distribución o actividad de apoyo. Las innovaciones de proceso deben ser nuevas para su empresa, pero no necesariamente nuevas para su mercado. La innovación podría haber sido desarrollada originalmente por su empresa o por otras empresas o instituciones. Se deben excluir las innovaciones puramente organizativas, que se tratan en otra sección [173].

Una **innovación organizacional** es un nuevo método organizativo en las prácticas empresariales de su empresa (incluida la gestión del conocimiento), en la organización del lugar de trabajo o en las relaciones externas que no ha sido utilizada anteriormente por su empresa. Debe ser el resultado de decisiones estratégicas tomadas por la dirección. Se excluyen las fusiones o adquisiciones, aunque sea por primera vez [173].

la OECD/Eurostat (2005) define una **innovación de marketing** como la implementación de un nuevo concepto de marketing o estrategia que difiere significativamente de los métodos de marketing existentes de su empresa y que no se ha utilizado antes. Requiere cambios significativos en el diseño o embalaje del producto, la colocación del producto, la promoción del producto o la fijación de precios. Se excluyen cambios estacionales, regulares y otros cambios rutinarios en los métodos de comercialización. Finalmente, la OECD/Eurostat (2005) incluye dentro de las **actividades de innovación** la adquisición de maquinaria, equipos, edificios, software y licencias; Ingeniería y desarrollo, diseño, capacitación y mercadotecnia cuando se realizan específicamente para desarrollar y / o implementar una innovación de producto o proceso. También incluyen todos los tipos de actividades de I+D.

Las definiciones presentadas anteriormente, cobran importancia puesto que son los pilares de diferentes encuestas alrededor del mundo que miden la innovación. Estas encuestas se han basado en los conceptos planteados en el Manual de Oslo y los han adaptado según su contexto. Entre las encuestas mencionadas se encuentran:

- En Estados Unidos, la Encuesta de I+D e Innovación Empresarial (*Business R&D and Innovation Survey* - BRDIS)
- En la Unión Europea, la Encuesta de Innovación de la Comunidad Europea (*Community Innovation Survey* - CIS)
- En Colombia, la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT)

A continuación, se describe la estructura de cada una de ellas y al final de la sección, se presenta un cuadro comparativo que facilita su análisis.

## 11.2 Encuesta de I+D e Innovación Empresarial (Business R&D and Innovation Survey – BRIDIS)

Es desarrollada de manera conjunta por *U.S. Census Bureau* y *National Science Foundation* (NSF). El objetivo de la encuesta es recoger información sobre las actividades de I+D de las empresas que operan en los Estados Unidos, que servirán de apoyo para los tomadores de decisiones en los sectores público y privado. Esta encuesta, que se aplica anualmente desde el 2008, reemplazó a la Encuesta de Investigación y Desarrollo Industrial (SIRD), que fue la fuente oficial federal de datos

sobre I+D en el sector empresarial desde los años cincuenta. El universo está conformado por todas las empresas con fines lucrativos no agrícolas, privadas o públicas, con cinco o más empleados que operan en los Estados Unidos. En el año 2013 se obtuvo una muestra de 41.588 empresas.

La estructura de la encuesta es la siguiente:

1. Información general sobre la empresa
2. Medidas financieras de la actividad de I+D
  - Detalle de la actividad mundial de I+D, así como de I+D nacional
  - Gastos de I+D de la empresa
    - Por línea de negocio / segmento de negocio
    - Por la localización del país y la localización del estado
    - Por tipo de gasto (salarios, materiales, etc.)
    - Subcontratación de I+D por sector (universidades, otras empresas, etc.)
  - Detalle similar para I+D que la compañía puede realizar para otros bajo subvenciones, contratos u otros acuerdos
  - Gastos de capital para I+D (edificios, software, equipo)
  - Proyecciones del gasto en I+D del año en curso
3. Medidas relacionadas con el empleo en I+D
  - Número de empleados de I+D
    - Número de empleados de EE. UU. vs. personal global
    - Por categoría profesional (científicos e ingenieros, técnicos, personal de apoyo), género y nivel educativo
    - Número de empleados de I+D estadounidenses que trabajan bajo una visa (H-1B, L-1, etc.)
  - Equivalencia a tiempo completo de empleados en I+D
4. Medidas relacionadas con la gestión y la estrategia de I+D
  - Rendimiento financiero estimado de I+D
  - Porcentaje en I+D dedicado a nuevas áreas de negocio para la empresa
  - Porcentaje de I+D que involucra ciencia o tecnología nueva para la empresa
  - Porcentaje en I+D dedicado a investigación y desarrollo
  - Porcentaje de la I+D en ciencia o tecnología que es nueva en el mercado
  - Cuenta de proyectos de I+D (Número total de proyectos activos, número de proyectos iniciados en un año determinado, número de proyectos que pasaron de la I+D a la producción/comercialización)
  - Porcentaje de I+D dedicado a áreas de aplicación específicas como salud, defensa, energía y transporte
  - Porcentaje de I+D que involucra tipos específicos de ciencia o tecnología como biotecnología, nanotecnología, software o ciencias sociales
  - Ubicación en el país de nuevas instalaciones de I+D
  - Porcentaje de I+D dedicada a las asociaciones, por tipo u organización (Academia, agencias gubernamentales, otras empresas)

5. Medidas relacionadas con la propiedad intelectual (PI) y la transferencia de tecnología
  - Datos relacionados con patentes (número de patentes, número de patentes solicitadas y emitidas en un año determinado, porcentaje de descubrimientos que la empresa intentó patentar)
  - Importancia relativa de los diferentes tipos de protección de la PI para la empresa
  - ¿La empresa participó en actividades específicas de transferencia de tecnología?
  - Información sobre licencias de PI (principalmente número de acuerdos)

Número de acuerdos de colaboración en I+D que la empresa es parte y quienes son los socios (universidades, proveedores, agencias federales, etc.)

### 11.3 Encuesta de Innovación de la Comunidad Europea (Community Innovation Survey – CIS)

La CIS es una encuesta de la actividad innovadora en las empresas, que forma parte de las estadísticas de ciencia y tecnología de la Unión Europea. Tiene por objeto proporcionar información sobre la innovación de los sectores por tipo de empresas, sobre los diferentes tipos de innovación y sobre diversos aspectos del desarrollo de una innovación, como los objetivos, las fuentes de información, la financiación pública, Los gastos de innovación, etc. La CIS proporciona estadísticas desagregadas por países, tipo de innovadores, actividades económicas y clases de tamaño.

Las oficinas nacionales de estadística de los diferentes países de la Unión Europea, llevan a cabo la encuesta de acuerdo con las definiciones del Manual de Oslo. En general, toman una muestra de todos los establecimientos, estratificando la muestra por sector, tamaño del establecimiento y en lo posible, región.

Las encuestas se realizan con una frecuencia de dos años. La recopilación de datos de la CIS es voluntaria para los países, lo que significa que en diferentes encuestas están involucrados diferentes países. Las encuestas se han aplicado en los siguientes periodos: CIS1: 1992, CIS2: 1996, CIS3: 2001, CIS4: 2002-2004, CIS 2006: 2004-2006, CIS 2008, CIS 2010, CIS 2012, CIS 2014.

La CIS tiene la siguiente estructura:

1. Información general sobre la empresa
2. Innovación de producto (bien o servicio)
  - Información acerca de las innovaciones de producto y la forma en como las ha desarrollado
  - Introducción de las innovaciones en el mercado según grado de novedad (nuevo para la empresa, la región o el mundo)
3. Innovación de proceso
  - Información acerca de las innovaciones de proceso y su desarrollo
  - Introducción de las innovaciones al mercado
4. Actividades de innovación en curso o abandonadas para innovaciones de producto y proceso
  - Indaga sobre los proyectos de innovación en curso o abandonados
5. Actividades y gastos en innovaciones de producto y proceso
  - Detalle de las actividades de innovación realizadas por la empresa

- Detalle del gasto en las actividades de innovación realizadas por la empresa
  - Detecta si la empresa tiene financiación de entidades del gobierno
6. Fuentes de Información y co-operación para innovación de producto y proceso
    - Caracteriza el grado de importancia de distintas fuentes de información en el desarrollo de las actividades de Innovación
    - Detalle de la cooperación en actividades de innovación con otras empresas o instituciones
    - Caracterización de la cooperación según el tipo de relación y la ubicación geográfica del cooperante.
  7. Competitividad de las innovaciones de producto y proceso de su empresa
    - Grado de importancia de distintos aspectos en la competitividad de la empresa: patentes, Registro de diseño, Derechos de autor, Marcas comerciales, Ventajas del tiempo de entrega, Complejidad de bienes o servicios, inclusión de acuerdos de no divulgación
  8. Innovación organizacional
    - Información sobre el desarrollo de actividades de innovación en las prácticas administrativas de la empresa
  9. Innovación en marketing
    - Información sobre el desarrollo de actividades de innovación en las actividades de mercadeo de la empresa
  10. Compras e innovación en el sector público
    - Indaga sobre los contratos de la empresa con empresas del sector publico nacionales o internacionales y la implementación de actividades de innovación (en cualquiera de sus formas) derivadas de dichos contratos
  11. Estrategias y obstáculos para alcanzar los objetivos de su empresa
    - Recoge información sobre los propósitos de la empresa y el grado de importancia de factores que ayudan y dificultan el desarrollo de dichos propósitos
  12. Información económica básica sobre su empresa
    - Número de empleados
    - Número de empleados con estudios universitarios
    - Total ventas de la empresa

#### 11.4 Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica – EDIT

La encuesta EDIT tiene como objetivo caracterizar la innovación realizada por las empresas en Colombia. El primer ejercicio de medición se hizo a través de la Encuesta de Desarrollo Tecnológico en la industria manufacturera (EDT) llevada a cabo por el DNP en 1996. Similares ejercicios se llevaron a cabo en 2005, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 Y 2014. En el 2014 la encuesta, tipo censo, se aplicó a 10.133 empresas del sector industrial, de las cuales se obtuvo información para 8.835 empresas.

Al igual que las encuestas de Estados Unidos y la Unión Europea, la EDIT (2015) entiende la innovación siguiendo los conceptos trazados por OECD/Eurostat (2005), a través el Manual de Oslo. Y de acuerdo con dichas concepciones, la EDIT clasifica a las empresas así:

- Innovadoras en sentido estricto: empresas que en el período de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado internacional.
- Innovadoras en sentido amplio: empresas que en el período de referencia obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado nacional o un bien o servicio nuevo o mejorado para la empresa, o que implementaron un proceso productivo nuevo o significativamente mejorado para la línea de producción principal o para las líneas de producción complementarias o una forma organizacional o de comercialización nueva.
- Potencialmente innovadoras: empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el período de referencia, pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación.
- No innovadoras: empresas que en el período de referencia de la encuesta no obtuvieron innovaciones, ni reportaron tener en proceso, o haber abandonado, algún proyecto para la obtención de Innovaciones.

La estructura de la EDIT es la siguiente:

1. Información general de la empresa
2. Innovación y su impacto en la empresa
  - Información acerca de las innovaciones que realizó la empresa
  - Principales propósitos que la empresa persigue con la realización de innovaciones
  - Identifica los impactos que ha tenido sobre la empresa la realización de innovaciones
  - Determina el estado de avance de los resultados de las innovaciones
  - Indaga sobre los factores que obstaculizan el logro de los objetivos en el desarrollo de innovaciones
3. Inversión en actividades científicas, tecnológicas y de innovación ACTI
  - Información sobre las distintas actividades que realiza la empresa en su proceso de innovación
  - Monto de recursos que invierte anualmente en cada una de las actividades
4. Financiamiento de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación
  - Caracteriza la estructura de financiamiento de la empresa para la realización de ACTI
  - Obtiene información sobre los montos financiados mediante programas de cofinanciación y crédito proveniente de distintas fuentes
  - Detecta posibles obstáculos en el acceso al financiamiento público y a los incentivos tributarios existentes.
5. Personal ocupado relacionado con ACTI
  - Cuantifica y caracteriza el personal ocupado promedio de la empresa y el personal ocupado promedio que participó en ACTI por nivel educativo
  - También caracteriza el personal en ACTI del último año de referencia según áreas funcionales y nivel educativo

- Identifica el número total de personas que recibieron, a cuenta de la empresa, tanto capacitación como formación especializada con recursos de ACTI, para el período de estudio.
6. Relaciones con actores del Sistema SNCTI y cooperación para la innovación
    - Indaga sobre las fuentes de ideas para la innovación, las relaciones de la empresa con los demás actores del SNCTI que apoyan la realización de ACTI
    - Obtiene información sobre las relaciones de cooperación para la innovación que se desarrollaron entre las empresas y los demás actores del SNCTI, según los objetivos perseguidos.
  7. Propiedad intelectual, certificaciones de calidad, normas técnicas y reglamentos técnicos
    - Distintos tipos de protección de propiedad intelectual solicitados o utilizados durante el período de referencia
    - Obstáculos que encontró la empresa para utilizar el sistema de protección de la propiedad intelectual
    - Obtención de certificaciones de calidad de proceso o producto (grado de importancia que para la empresa significó la obtención de estas certificaciones)

A continuación se observan algunos de los resultados de la EDIT 2013-2014.

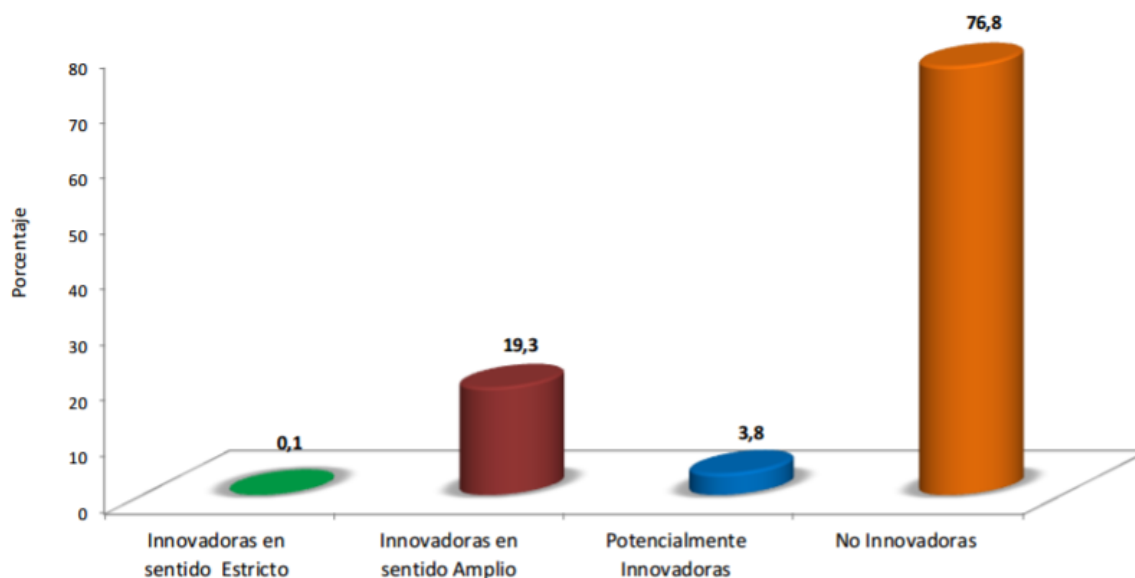


Figura 391 Clasificación de empresas industriales, de acuerdo a la innovación 2013-2014

Fuente: [174]



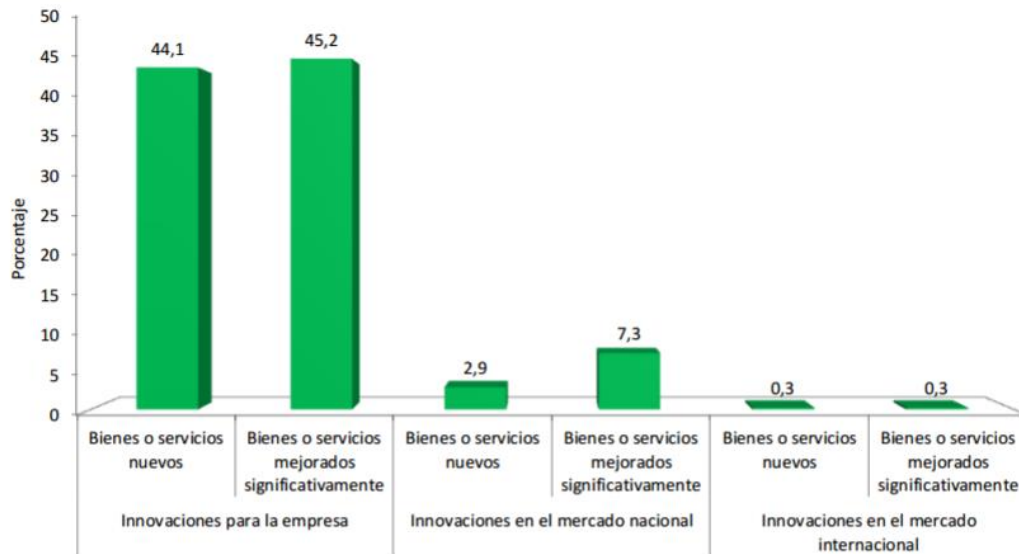


Figura 392 Distribución de las innovaciones  
Fuente: [174]



Figura 393 Porcentaje de empresas innovadoras de productos o servicios nuevos  
Fuente: [174]

En el cuadro siguiente se comparan diferentes aspectos entre las encuestas descritas anteriormente.



Tabla 87 Comparación información existente entre encuestas de Innovación CIS, BRDIS y EDIT

ITEM	CIS	BRDIS	EDIT	Observaciones
Información general sobre la empresa	X	X	X	
Pertenencia a un grupo empresarial		X		
Ventas totales de la empresa	X	X	X	
Exportaciones de la empresa	X		X	
Número de empleados	X	X	X	La encuesta BRDIS clasifica sus empleados entre empleados en operación en el país y el exterior.
Número de empleados de I+D		X	X	En la encuesta EDIT, los empleados se desagregan según nivel educativo y dedicación a actividades de I+D. En la encuesta BRDIS además de diferenciar los empleados de I+D, los desagrega entre empleados de operación dentro o fuera del país La encuesta BRDIS puntualiza en el número de empleados de I+D tiempo completo, o medio tiempo.
Número de empleados con estudios universitarios	X		X	
Número de empleados en actividades de I+D por áreas de la empresa			X	En la encuesta EDIT los empleados exclusivos de actividades de I+D se desagregan en 6 items, a su vez se desagregan por género y posteriormente por área de formación
Inversión en formación (maestría, doctorado y capacitación especializada)			X	
Incorporación en el mercado internacional	X	X	X	
Porcentaje de ventas que provienen de innovaciones en producto (en sus distintas formas Nuevo para el mercado, para la compañía, modificado marginalmente)	X	X	X	En Colombia desagregan ventas nacionales y al exterior
Actividades de innovación	X	X	X	
Cantidad de inversión para cada una de las actividades	X	X	X	
Importancia para la empresa de cada actividad de innovación	X		X	
Proyectos de innovación (en marcha, abandonados, en ideación)			X	
Innovación en producto	X	X	X	
Innovación en Proceso	X	X	X	
Innovación organizacional	X		X	
Innovación en mercadeo	X		X	
Novedad de la innovación (primero en el país, continente o mundo)	X			
Gasto en I+D por parte de la empresa	X	X	X	A diferencia de la CIS y la EDIT, El gasto en I+D en la BRDIS está detallado según factores como tipo de gastos, sectores, estados en los que fue gastado etc.

ITEM	CIS	BRDIS	EDIT	Observaciones
				Gastos en I+D en la EDIT se detalla según inversión interna o externa
Gasto en I+D desagregada en distintos rubros / costos (desagregada por tipo de gasto: interno, externo)		X		Los gastos en I+D se reparten según el estado o el país de donde salen los recursos para pagarlos
Gasto en I+D según las empresas en las que se efectúan los pagos		X		
Gasto en nuevas líneas de producto		X		
Gasto en investigación y desarrollo (Desagregada por inv. Aplicada y básica)			X	
Impacto de innovación para la empresa	X			
Desarrollo de la Innovación en cooperación o no (desagregada en: innovación en servicios o bienes)	X	X	X	En Colombia se desagrega por cooperaciones internas o del exterior
Tipo de cooperante en innovación (tipo de institución o relación con la empresa)			X	
Obstáculos para acceder a recursos públicos	X		X	En la EDIT los obstáculos se refieren a la información y capacidades internas, Riesgos, y del Entorno
Obstáculos para la innovación		X		Para agregar
Actividades de innovación desagregadas por industrias	X		X	En la encuesta BRDIS, el sobre cada uno de las industrias que pagan por I+D
Actividades de innovación relacionadas con biotecnología	X		X	En la EDIT es una pregunta específica sobre biotecnología, sin embargo no se pregunta sobre otras industrias
Gasto en actividades relacionadas con biotecnología	X		X	
Métodos para mantener la competitividad de las innovaciones y su efectividad (patentes, derechos de autor, registro de marca, complejidad, etc.)			X	
Obstáculos para obtener registros de propiedad intelectual	X			La EDIT no contempla obstáculos en éste tema sino otros descritos anteriormente
Estrategias y obstáculos para alcanzar objetivos de la empresa (aumentar retornos, disminuir costos, aumentar margen de beneficios, aumentar el mercado)	X			

Fuente: Elaboración propia

## 12 Recomendaciones sobre actividades para los diferentes actores involucrados en la cadena de valor

Entendemos la Política Pública como una acción concertada de una sociedad dirigida a obtener un objetivo en el largo plazo. En el uso de la Energía al 2015, el país enfrenta múltiples retos. Primero lograr la expansión armónica y sostenible del sistema económico de manera que genere el bienestar requerido por una población que alcanzará los 65 millones de habitantes. Segundo, lograr la transformación productiva que permita generar el valor por producto que haga competitiva la economía. Tercero, hacer lo anterior introduciendo los cambios tecnológicos en el uso de la energía que permitan ser sostenible al país. Cuarto, asegurar las disponibilidades de los recursos energéticos requeridos, bien por producción propia o por importación financiable por los recursos generados en la economía.

En este orden de acción, la Política Pública para el uso de la Energía en Colombia deberá contener los siguientes tipos de acciones: **Incentivos** al cambio tecnológico, **Incentivos** al uso de fuentes energéticas sostenibles y viables, **Restricciones** al uso de tecnologías no sostenibles, **Promoción** de cambios culturales y compromisos sociales que hagan sostenible el uso de la energía.

A continuación, se realizan unas propuestas dentro de este marco de política para los sectores de Transporte, Residencial, Industrial, Servicios y Generación de Recursos Energéticos.

### 12.1 Transporte

La política pública actúa de manera determinante en la configuración del transporte urbano, interurbano y de Carga. En estos términos, una política de largo plazo que configure sistemas integrados de transporte urbano facilitara la transición a usos de modos más limpios de energía. Las medidas que se sugieren son las siguientes:

- Un piloto de Ciudad Verde, basada en transporte eléctrico es viable construido para la década de los 2030s en torno a Medellín. Esto es propicio por una parte por la necesidad y urgencia de dar un viraje estructural en lo ambiental, y de otra, la infraestructura actual propicia que sea la ciudad en la que se facilita el proceso.
- El transporte interurbano de pasajeros puede dirigirse a sistemas híbridos y eléctricos progresivamente desde trayectos cortos a más largos en la medida que la tecnología lo facilite.
- En carga las opciones multimodales y de transporte eléctrico para distancias cortas e intraurbanas es una opción alcanzable en el mediano plazo.
- En todo lo anterior, normas que establezcan obligatoriedad (similar al no uso o no venta de bombillos incandescentes) son viables y costo-eficientes para el país.

### 12.2 Residencial

Tres acciones son pertinentes desde la política pública: Primero, promoción a la autogeneración; segundo, promoción de una cultura de consumo eficiente; tercero, restricción a la venta de tecnologías no amigables o de alto consumo; y cuarto, incentivos a la renovación tecnológica. Las acciones propuestas son las siguientes:

- En primer lugar, la autogeneración y participación activa en convertirse en *prosumidor* (productor-consumidor). Tiene efecto en varias direcciones: contribuye a balances en el sistema de generación (generación distribuida), crea conciencia de participación y contribuye a la eficiencia general del sistema.
- La cultura de “Bajo Consumo” basada en usuarios mejor formados y con instrumentos técnicos como etiquetado y control de consumo por aparato vía internet de las cosas y micro medición serán fundamentales.
- En la restricción, la prohibición de venta de tecnologías inadecuadas en Refrigeración, acondicionamiento, cocción será necesario para evitar riesgos de ser país cloaca de fin de ciclo tecnológico.
- En los incentivos serán fundamentales los esquemas de renovación de refrigeradores y la entrada de cocción eléctrica de alta eficiencia.

### 12.3 Industria

La industria colombiana tiene la tarea de la transformación productiva a actividades de mayor valor agregado. Desde los recursos y capacidades no se observan restricciones. Desde la Política Energética lo fundamental es garantizar las condiciones habilitantes para que se de este proceso de transformación: Las acciones propuestas son:

- Promoción de la autogeneración y la cogeneración
- La promoción de Innovación basada en Tecnologías limpias será fundamental, el caso ARGOS con cemento cero emisiones deberá ser una experiencia inductora de cambio.
- Promoción de la transformación Industrial hacia productos de Alto Valor agregado Eléctrico y Energético.

### 12.4 Servicios

El sector de servicios ocupa de manera creciente una proporción mayoritaria del PIB y del empleo. Su consumo energético se concentra en Gas para usos caloríficos y Energía Eléctrica para movilidad vertical, iluminación, acondicionamiento y refrigeración y operación de equipos de cómputo y telecomunicaciones. Este sector es altamente sensible a las normas de construcción y dotación de edificios. La política pública debe concentrarse en normatividad y reconversión.

- Establecer normatividad de construcción para la dotación eficiente de edificios de oficinas y centros comerciales.
- Promover la Movilidad Vertical de Alta Eficiencia y establecer requisitos y especificaciones para equipos de Oficinas y Centros Comerciales.
- Promoción de la autogeneración y la cogeneración
- Promover la transformación de los mecanismos de acondicionamiento de aire y refrigeración mediante la instrumentación de Distritos de Frio.
- Promover Iluminación de Alta Eficiencia.

### 12.5 Generación de energía eléctrica y disponibilidad de fuentes energéticas

Colombia dispone de un portafolio amplio de fuentes energéticas que le facilitan una evolución a un Mundo Eléctrico con complementos de fuentes para uso térmico de forma que se mantenga las

sostenibilidad económica y ambiental. La Política Pública debe orientarse a facilitar el proceso. Las acciones propuestas son las siguientes:

- Promover la suficiencia energética en petróleo y gas con niveles de explotación que prolonguen la disponibilidad y con ello la seguridad energética.
- Búsqueda de una matriz eléctrica más eficiente y menos vulnerable
- Participación de un mayor número de generadores, distribuidores y comercializadores
- Búsqueda de mayor costo-eficiencia en la generación

## 13 Agradecimientos

---

Los autores del presente informe agradecen el apoyo del grupo de trabajo de la subdirección de demanda de la Unidad de Planeación Minero Energética, los distintos expertos nacionales con quienes se han llevado a cabo reuniones para conocer más del desarrollo de cada uno de los sectores y el apoyo financiero mediante convenio especial de cooperación No 314484-001-2016

## 14 Conclusiones

---

Se llevó a cabo un análisis preliminar de la variación en la demanda de energía para los sectores residencial, industria, transporte, terciario-comercio, terciario-servicios, agropecuario, construcción, y generación de energía eléctrica en función de las fuentes de información disponibles (Agencia Internacional de Energía, Bariloche, y BECO) encontrando diferencias representativas en la desagregación que se da en algunos de los sectores con las diferentes fuentes; sin embargo analizando los cambios es posible ver como aspectos políticos, meteorológicos y de mercado han influido en la variación general de la demanda de cada uno de los sectores. Se evaluó el cambio en la matriz insumo producto de cada sector-subsector en los últimos 15 años junto con la variación de su consumo por energético, identificando actores, hitos y resultados relacionados con las actividades de tendencias tecnológicas para cada uno de los usos energéticos en los sectores objetos de estudio.

Se plantearon líneas de tiempo con las tendencias en investigación, desarrollo, innovación, producción y comercialización para cada uno de los usos finales de energía (calentamiento, refrigeración, fuerza motriz, acondicionamiento de aire, iluminación) a nivel nacional e internacional. Adicionalmente, se encontró una correspondencia entre eventos sociopolíticos y tecnológicos que afectaron la demanda de energía en el sector residencial en los periodos 1995, 2000 y 2005. De igual manera, se realizó la descripción de la metodología del proceso de identificación de actividades asociadas a la cadena de valor tecnológica para los usos energéticos y sectores objeto de estudio con resultados preliminares de las matrices insumo producto y de las principales actividades económicas en cada uno de los subsectores.

Así mismo se analizaron los principales hitos en tendencias tecnológicas para los sectores identificando factores que afectan el desempeño de cada uno con base en situaciones de regulación, creación de nuevas políticas e incentivos, cambios en la tecnología y aspectos coyunturales de eventos meteorológicos.

La información presentada por Fundación Bariloche muestra un subregistro en la información que revela el consumo de energéticos del sector industria, comparado con lo reportado por la Agencia Internacional de Energía (IEA). En los subsectores mostrados, se da el caso que los productos de refinación de petróleo han aumentado tanto en valor como en porcentaje de participación del total consumido en energía. El único subsector que pareciera no seguir esta tendencia (al menos en porcentaje) es el de los productos metálicos.

El subsector de refinería ha tenido un cambio importante en el uso de petróleo crudo, gas natural, y minerales de Uranio y Torio desde el 2009, el cual parece estar siendo reemplazado progresivamente por productos de refinación. Para el subsector de productos químicos en el 2000, su mayor consumo de energéticos era de electricidad, el cual fue reemplazado en el 2006 con productos de refinación del petróleo

Los sistemas de generación de energía han aumentado su eficiencia con la instalación de plantas térmicas basadas en ciclos combinados; sin embargo los consumos de combustibles tales como carbón y gas natural sumados alcanzan el 90% de lo consumido en hidroenergía para una tercera parte de la producción de energía eléctrica.

Se llevaron a cabo comparaciones entre la matriz insumo-producto de los diferentes sectores a nivel nacional con los mismos sectores en otros países. De tal manera que fue posible establecer relaciones entre los consumos energéticos y el dinero empleado por cada sector y subsector en diferentes casos. Adicionalmente se llevó a cabo la identificación de las diferentes actividades asociadas a las cadenas de valor tecnológica partiendo de las matrices insumo-producto, de las características de cada sector, de documentación existente a nivel nacional y de la cadena de valor de Porter, base fundamental en el desarrollo de la metodología de cadena de valor a nivel mundial. Con base en estas cadenas de valor es posible conocer cómo es la relación entre los diferentes consumos energéticos y los usos finales en los cuales se requieren estas fuentes de energía con base en las operaciones necesarias para que cada sector logre dar el valor agregado a sus productos. Simultáneamente, se llevó a cabo un análisis de vigilancia tecnológica para identificar cuáles son las tendencias en investigación y desarrollo relacionadas con cada una de las aplicaciones energéticas que se vienen estudiando y especialmente se pueden establecer el estado de varias de estas tecnologías empleando las curvas de tendencia. De esta manera es posible identificar si la tecnología se encuentra en su etapa de difusión inicial, de crecimiento inicial, de crecimiento tardío o de madurez tecnológica.

Adicionalmente se llevó a cabo el análisis Delphi con el fin de enriquecer la información existente en cada uno de los sectores objeto de estudio. También se tuvieron en cuenta las conclusiones obtenidas del taller de escenarios realizado con expertos internacionales para diseñar modelos de investigación simplificados en Matlab y Excel y avanzados en dinámica de sistemas que permitan darle valor agregado a las capacidades de análisis que posee actualmente la subdirección de demanda de la Unidad de Planeación Minero Energética. Con base en los modelos se llevaron a cabo simulaciones sobre las posibles evoluciones de la transformación tecnológica y el uso energético hasta el año 2050. Finalmente se plantearon recomendaciones sobre las actividades y políticas públicas que puedan ser promovidas o incentivadas por los actores involucrados en la cadena de valor tecnológica. Algunas de estas están relacionadas con la promoción de sistemas híbridos y eléctricos en el transporte interurbano, la conversión de los hogares actualmente consumidores en prosumidores (productores y consumidores) mediante la instalación de tecnologías de autogeneración, la promoción de la transformación industrial hacia productos de alto valor agregado y mayor complejidad, la búsqueda de una matriz energética más diversa y la iluminación de alta eficiencia en el sector terciario.



## 15 Anexos

---

- 15.1 Anexo 1. Carpeta algoritmos de cálculo y herramientas simplificadas modelos conjuntos UJTL-UPME para análisis escenarios
- 15.2 Anexo 2. Lista de asistentes a taller de escenarios análisis Delphi
- 15.3 Anexo 3. Copia de las presentaciones realizadas por los expertos internacionales en taller escenarios como insumo para Análisis Delphi
- 15.4 Anexo 4. Copia de los videos con las presentaciones del primer día del taller de escenarios
- 15.5 Anexo 5. Infografía metodología general del proyecto y líneas de tiempo usos finales de energía

## 16 Bibliografía

---

- [1] M. S. María, M. Perfetti, V. Nieto, J. Timote y E. Céspedes, «Evolución de la industria en Colombia, Archivos de economía, 402.,» [En línea]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/402.pdf>. [Último acceso: 2016 Agosto 10].
- [2] N. P. García, «Veinte años de la ley eléctrica (Ley 143 de 1994).» [En línea]. Available: <http://norapalomo.blogspot.com.co/2014/11/veinte-anos-de-la-ley-electrica-ley-143.html>. [Último acceso: 2016 Agosto 10].
- [3] Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF), «El credito hipotecario en Colombia: Evaluación del impacto regulatorio pos-crisis.» [En línea]. Available: <http://anif.co/sites/default/files/uploads/Anif-BID0511.pdf>. [Último acceso: 2016 Agosto 10].
- [4] P. A. E. GARCÍA y S. M. C. RUEDA, «Internacionalización exitosa de Interconexión eléctrica S.A. - ISA,» *Revista MBA Eafit*, pp. 62-73, 2011.
- [5] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «Subasta para la asignación de OEF, Generalidades y etapas de la subasta,» [En línea]. Available: [http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/subasta\\_asignacion/generalidades.htm](http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/subasta_asignacion/generalidades.htm). [Último acceso: 2016 Agosto 10].
- [6] Cámara de Comercio de Medellín, «Diseño de la Estrategia de internacionalización al 2025».
- [7] S. Clavijo, A. Vera y A. Fandiño, «La desindustrialización en Colombia, Análisis cuantitativo de sus determinantes,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.academia.edu/download/31937843/Anif-Desindustrializacion-12.pdf>. [Último acceso: 10 Agosto 2016].
- [8] C. d. B. Federación Nacional de Biocombustibles, «Evaluación Beneficio-Costo del uso del biodiesel como componente en la formulación del diesel distribuido en Colombia,» 2013.
- [9] International Energy Agency (IEA), «Diagramas Sankey,» [En línea]. Available: <http://www.iea.org/sankey/>. [Último acceso: 03 10 2016].
- [10] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), «input-output tables,» 2011.
- [11] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), «Balance Energético Colombiano (BECO),» 2014.
- [12] Departamento Nacional De Estadísticas, «Matrices Utilizacion Corrientes Base 2005, serie 2014 preliminar,» 2014.
- [13] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), «Encuesta Anual Manufacturera 2006 - 2014».
- [14] UPME; CORPOEMA, «Determinación y priorización de alternativas de eficiencia energética para los subsectores manufactureros códigos CIU 19 a 31 en Colombia a partir de la caracterización del consumo energético para sus diferentes procesos, usos y equipos de uso final,» 2014.
- [15] UPME; INCOMBUSTION, «Determinación del potencial de reducción del consumo energético en los subsectores manufactureros códigos CIU 10 a 18 en Colombia,» 2014.
- [16] SENA, «Caracterización ocupacional del sector de procesamiento de alimentos,» Bogotá, 2007.
- [17] Departamento Nacional de Planeación (DNP), «Análisis de cadenas productivas,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/analisis-cadenas-productivas.aspx>. [Último acceso: 16 09 2016].
- [18] L. P. Serna, «Cadena productiva de la industria de los hidrocarburos (genérica)».
- [19] J. D. Uribe, «Algunas Lecciones Relevantes aprendidas de la crisis financiera colombiana de 1998-1999,» [En línea]. Available: [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/jdu\\_may\\_2008.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/jdu_may_2008.pdf).
- [20] UPME, «Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010,» 2010.
- [21] UPME, «La Cadena del Gas Natural en Colombia».
- [22] «Comisión de Regulación de Energía y Gas,» [En línea]. Available: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/historia-gas>. [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [23] UPME, «Informe mensual de variables de generación y mercado eléctrico Colombiano- Enero 2015,» 2015.
- [24] F. N. d. B. d. Colombia, «Etanol,» [En línea]. Available: [http://www.fedebiocombustibles.com/main-pagina-id-4-titulo-proceso\\_de\\_los\\_biocombustibles.htm](http://www.fedebiocombustibles.com/main-pagina-id-4-titulo-proceso_de_los_biocombustibles.htm). [Último acceso: 7 Julio 2016].
- [25] UPME, «Biocombustibles en Colombia,» 2009.
- [26] «VivaColombia,» [En línea]. Available: <https://www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos>. [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [27] M. d. transporte, «Transporte en Cifras Estadísticas 2014,» 2014.
- [28] C. E. p. A. L. y. e. Caribe, «La crisis de los precios del petróleo y su impacto en los países centroamericanos,» [En línea]. Available: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/25972-la-crisis-precios-petroleo-su-impacto-paises-centroamericanos>. [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [29] UPME, «Cadena del petróleo 2013,» 2013.
- [30] UPME, «Proyección de demanda de combustibles en el Sector Transporte en Colombia - Marzo 2015,» 2015.
- [31] CONICYT, «Investigación en Transporte en Chile: Áreas de investigación y capacidades. Informe de estado del arte,» 2010.
- [32] CEPAL, «La economía del cambio climático en América LATina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible,» 2015.
- [33] E. a. E. Wupertal Institute for Climate, «Energy Efficiency in Europe. Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States,» 2013.
- [34] BMVBS, «The Mobility and Fuels Strategy of the German Government (MFS),» 2013.
- [35] S. E. A. o. Ireland, «Energy in transport,» 2014.

- [36] Y. Niv, «Renewable Energies, Natural GAs and Israel's Energy Mix of the Future,» 2010.
- [37] IEA, «Energy Policies of IEA Countries. The Republic of Korea,» 2012.
- [38] IRENA, «REmap 2030. Renewable Energy Prospects: Mexico,» 2015.
- [39] PCW, «Insights of Transportation & Logistics Sector in Mexico,» 2014.
- [40] R. Díaz, «Mexican Transport Market: Challenges and Opportunities,» 2012.
- [41] E. M. Authority, «Singapore Energy Statistics 2015,» 2015.
- [42] Deloitte, «European energy market reform Country profile: Spain,» 2015.
- [43] DANE, «Índice de Costos de Transporte de Carga por Carretera – ICTC,» 2016.
- [44] DANE, «Boletín técnico -Transporte Urbano de Pasajeros,» 2016.
- [45] Fundación Bariloche, «Balance Energético en Colombia,» 2010.
- [46] Consorcio Génesis, «DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SECTOR SERVICIOS EN COLOMBIA,» Bogotá, 2013.
- [47] DANE, «Encuesta Anual de Servicios,» 2014.
- [48] DANE, «Encuesta Ambiental de Hoteles,» 2014.
- [49] B. i. d. desarrollo, «Banco iberoamericano de desarrollo,» Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.iadb.org/es/temas/energia/base-de-datos-de-energia/base-de-datos-de-energia,19144.html?view=v22>. [Último acceso: 3 Julio 2016].
- [50] S. N. M., «el colombiano,» 10 Mayo 2012. [En línea]. Available: [http://www.elcolombiano.com/historico/hace\\_20\\_anos\\_colombia\\_sufrio\\_el\\_apagon-JVEC\\_180119](http://www.elcolombiano.com/historico/hace_20_anos_colombia_sufrio_el_apagon-JVEC_180119). [Último acceso: 30 06 2016].
- [51] «ministerio de minas,» 12 julio 1994. [En línea]. Available: [https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley\\_143\\_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e). [Último acceso: 30 junio 2016].
- [52] A. t. G., «scielo,» 12 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/pece/n18/n18a4.pdf>. [Último acceso: 22 06 2016].
- [53] m. d. m. y. energía, «ministerio de minas,» 25 Abril 2000. [En línea]. Available: [https://www.minminas.gov.co/documents/10180/468021/Manual\\_FAZNI.pdf/56727b23-ed3c-47b2-b406-c2e06a45311b](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/468021/Manual_FAZNI.pdf/56727b23-ed3c-47b2-b406-c2e06a45311b). [Último acceso: 14 julio 2006].
- [54] minminas, «minminas,» 8 enero 2010. [En línea]. Available: <https://www.minminas.gov.co/faer1>. [Último acceso: 15 julio 2016].
- [55] S. d. l. Republica, «Ley N° 855 por la cual se definen las zonas no interconectadas,» Bogotá , 2003.
- [56] A. d. Bogotá, «Alcaldía de Bogotá,» 03 10 2001. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>. [Último acceso: 15 julio 2016].
- [57] A. Montes, «Revista semana,» 16 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.semana.com/100-empresas/articulo/la-revolucion-tecnologica/427258-3>. [Último acceso: 15 Julio 2016].
- [58] R. v. Meulen, «Garther,» 27 Enero 2008. [En línea]. Available: <http://www.gartner.com/newsroom/id/612207>. [Último acceso: 15 Julio 2016].
- [59] E. Medina, «El tiempo,» 11 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/el-fin-de-la-era-nokia-y-de-la-marca/14808396>. [Último acceso: 15 Julio 2016].
- [60] R. negocios, «El espectador,» 30 marzo 2015. [En línea]. Available: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/colombia-hay-55-millones-de-lineas-de-telefonía-movil-articulo-552382>. [Último acceso: 15 julio 2016].
- [61] Nullvalue, «El tiempo,» 1993 Noviembre 1993. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-268712>. [Último acceso: 15 Julio 2016].
- [62] Política, «El Tiempo,» 2016 Septiembre 14. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/politica/proceso-de-paz/cuanto-cuesta-la-guerra-en-colombia/16701421>. [Último acceso: 05 Noviembre 2016].
- [63] C. d. l. r. d. Colombia, «Ley 39 de 1987».
- [64] C. d. l. r. d. Colombia, «Ley de servicios públicos domiciliarios (Ley 142 de 1994),» 1994.
- [65] «Cronología del conflicto entre Corea del Norte y Corea del Sur,» 30 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/actualidad/view/90396-cronologia-conflicto-corea-norte-sur>. [Último acceso: 20 octubre 2016].
- [66] M. P. Salas, «El definido,» 24 julio 2014. [En línea]. Available: [http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/2652/Te\\_explicamos\\_el\\_conflicto\\_palestinoisraeli/](http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/2652/Te_explicamos_el_conflicto_palestinoisraeli/). [Último acceso: 20 octubre 2016].
- [67] I. Gan, «Inter press service agencia de noticias,» 20 octubre 2016. [En línea]. Available: <http://www.ipsnoticias.net/1999/07/malasia-singapur-nuevos-ingredientes-de-un-conflicto-cronico/>. [Último acceso: 20 octubre 2016].
- [68] I. iglesias, «El tiempo,» El tiempo , 24 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/comidas-rapidas-colombia-14889239>. [Último acceso: 3 Noviembre 2016].
- [69] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), «Biocombustibles en Colombia,» Bogotá, 2009.
- [70] DANE, «ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA,» Bogotá, 2015.
- [71] XM, «Informe de Operación del SIN y Administración del Mercado,» [En línea]. Available: <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/2-6-Capacidad-efectiva-neta.aspx>. [Último acceso: 12 Julio 2016].
- [72] C. Quintero Montaño, «Análisis descriptivo y estructural del sector de Energía en Colombia,» 2011.
- [73] F. Guerrero Suarez y F. Llano Camach, «Gas Natural en Colombia,» 2003.
- [74] UPME, «Plan Preliminar de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2011-2050,» 2011.

- [75] M. d. E. d. Chile, «Estrategia Nacional de Energía,» 2012.
- [76] Agora, «Report on the Germa Powe system. Country Profile,» 2015.
- [77] S. E. A. o. Ireland, «Energy in Ireland,» 2014.
- [78] I. Electric, «The Electricity Sector in Israel,» [En línea]. Available: [https://www.iec.co.il/EN/IR/Documents/IECs\\_Presentation.pdf](https://www.iec.co.il/EN/IR/Documents/IECs_Presentation.pdf). [Último acceso: Septiembre 2016].
- [79] CEE, «Guide to Electric Power in Mexico,» 2013.
- [80] UPME, «Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia,» 2015.
- [81] DANE, «Matrices de utilización de productos, Base 2005,» 2014.
- [82] J. E. Gaviria Rios, J. H. Mora Guzmán y J. J. Agudelo, «Historia de los motores de combustión interna,» *Revista Facultad de Ingeniería*, nº 26, 2002.
- [83] L. M. Iparraguirre, «De la Rueda de Barlow al Efecto Hall,» Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria - 5000 Córdoba, 2012.
- [84] Electromovilidad, «electromovilidad.net,» [En línea]. Available: <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>. [Último acceso: 07 2016].
- [85] J. Riveros, «El primer carro que hubo en Colombia rodó en Medellín, la ciudad más innovadora del mundo,» 01 03 2013. [En línea]. Available: <http://www.wradio.com.co/noticias/sociedad/el-primer-carro-que-hubo-en-colombia-rodo-en-medellin-la-ciudad-mas-innovadora-del-mundo/20130301/nota/1851391.aspx>.
- [86] NULLVALUE, «LOS CARROS ENTRARON POR EL RÍO,» *EL TIEMPO*, 10 04 1996.
- [87] J. P. QUIROGA PORRAS, L. C. MUNAR GERRERO y M. F. PEÑA MAYORGA, *ANÁLISIS ESTRATEGICO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN COLOMBIA*, Bogotá: UNIVERSIDAD DEL ROSARIO, 2012.
- [88] R. E. Tiempo, «Especial Sofasa-Renault - 40 años, la historia carro por carro,» *El Tiempo*.
- [89] MINAMBIENTE, 05 Junio 1995. [En línea]. Available: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec\\_0948\\_1995.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/54-dec_0948_1995.pdf).
- [90] Metro de Medellín, [En línea]. Available: <https://www.metrodemedellin.gov.co/atenci%C3%B3n/ciudadano/glosario.aspx#m1>.
- [91] M. D. M. AMBIENTE, «RESOLUCION No. 864 DEL 8 DE AGOSTO DE 1996».
- [92] R. Motor, «EL QUERIDO SPRINT LLEGÓ A NUESTRO PAÍS HACE 28 AÑOS,» *Revista Motor*, 08 08 2014.
- [93] Transmilenio, «Historia de transmilenio,» [En línea]. Available: [http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/la\\_entidad/nuestra\\_entidad/Historia](http://www.transmilenio.gov.co/Publicaciones/la_entidad/nuestra_entidad/Historia).
- [94] EPM, «Gas Natural Vehicular (GNV),» [En línea]. Available: [http://www.epm.com.co/site/clientes\\_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Gas/GasNaturalvehicular.aspx#Bono-GNV-707](http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Nuestrosservicios/Gas/GasNaturalvehicular.aspx#Bono-GNV-707).
- [95] MINAMBIENTE, 2008. [En línea]. Available: [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones\\_atmosfericas\\_contaminantes/fuentes\\_moviles/Resolucion\\_910\\_de\\_2008\\_-\\_Fuente\\_M%C3%B3viles.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/fuentes_moviles/Resolucion_910_de_2008_-_Fuente_M%C3%B3viles.pdf).
- [96] PROCOLOMBIA, [En línea]. Available: <http://inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/automotriz.html>.
- [97] «EL NUEVO SIGLO,» 14 04 2014. [En línea]. Available: <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/4-2014-bogot%C3%A1-estrena-buses-h%C3%ADbridos-del-sitp>.
- [98] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, «MINAMBIENTE,» 5 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1653:minambiente-exige-la-incorporacion-de-vehiculos>. [Último acceso: 2016].
- [99] F. d. I. E. d. I. C. d. Madrid, Guía básica Calderas industriales Eficientes.
- [100] A. d. S. y. S. O. d. P. Rico, «Reglamento para calderas y recipientes a presión. Reglamento número 17 de la secretaría auxiliar de seguridad y salud en el trabajo».
- [101] G. Poveda Ramos, «La tecnología mecánica y su ingreso a Colombia,» 2001.
- [102] C. Ovalle, «Historia de la máquina de vapor antes de Watt,» 1997.
- [103] [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/psav.html>. [Último acceso: 8 Julio 2016].
- [104] «Innovación tecnológica, inventos y emprendimientos,» 2013. [En línea]. Available: <http://inventionary.blogspot.com.co/2013/02/thomas-newcomen-el-inventor-de-la.html>. [Último acceso: 08 Julio 2016].
- [105] S. Teir, «The history of Steam Generation,» 2002.
- [106] «Breve historia de las calderas,» [En línea]. Available: <http://boiler.mx/breve-historia-de-las-calderas.htm>. [Último acceso: 08 Julio 2016].
- [107] «Máquina de vapor de James Watt,» [En línea]. Available: <http://www.tecnologias.us/JAMES%20WATT%20Y%20LA%20MAQUINA%20DE%20VAPOR.htm>. [Último acceso: 08 Julio 2016].
- [108] «Lancashire Boiler Construction, Working, Diagram,» [En línea]. Available: <http://mechanicalbuzz.com/lancashire-boiler-working-diagram.html>. [Último acceso: 08 Julio 2016].
- [109] «Calderas de Tubos de Agua,» [En línea]. Available: [http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio\\_sin\\_paredes/fac\\_ing/Manu\\_cald/I/cap/03.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Manu_cald/I/cap/03.pdf). [Último acceso: 08 Julio 2016].
- [110] D.-I. E. Franz, «Comparativa de caldera pirotubular y caldera acuotubular,» 2012.
- [111] A. Moya Mora, «El nacimiento de la industria colombiana,» [En línea]. Available: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/julio2002/elnacimient.htm>. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [112] C. Dávila L. de Guevara, Empresas y empresarios en la historia de Colombia Siglos XIX-XX, Bogotá: Editorial Norma, 2002.

- [113] J. Arias de Greiff, «Ferrocarriles en Colombia 1836-1930,» [En línea]. Available: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/mayo2011/ferrocarriles-en-colombia-1836-1930>. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [114] Portafolio, «Así han transcurrido 200 años de economía en Colombia, según Salomón Kalmanovitz,» [En línea]. Available: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/han-transcurrido-200-anos-economia-colombia-salomon-kalmanovitz-163322>. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [115] A. Mayor Mora, *Inventos y patentes en Colombia 1930-2000*, Medellín, 2005.
- [116] G. Poveda Ramos, *Las principales innovaciones tecnológicas en Colombia de 1500 a 2000*, Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2006.
- [117] M. Ramírez Gómez y J. Leibovich, «Cambio tecnológico en la firma Distral S.A. fabricante de calderas y equipos de presión,» 1981.
- [118] El Tiempo, «DISTRAL, LIGADA A LA INDUSTRIA AZUCARERA,» [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-318666>. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [119] JCT, «Calderas JCT Nuestra historia,» [En línea]. Available: <http://www.calderasjct.com/new/empresa/historia>. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [120] L. F. Reyers Zapata, «Uso del gas natural como combustibles más limpio,» Bogotá, 2008.
- [121] J. M. Peña Puerto y M. E. Ayaa Mendoza, «Sustitución de fuel oil por gas natural en ANDERCOL Medellín,» *Producción más Limpia*, 2007.
- [122] BOSCH, «Soluciones de alta eficiencia,» [En línea]. Available: <http://www.bosch.com.co/content/language1/html/3572.htm>. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [123] Portafolio, «Colombia estrena planta térmica a carbón,» [En línea]. Available: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-estrena-planta-termica-carbon-34446>. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [124] D. T. Williams, *Historia de la tecnología desde 1900 hasta 1950 V4*, Madrid : siglo veintiuno de españa editores s.a, 1990.
- [125] D. Tovar, «Un poco mas evolucionado,» 15 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://dasa9694.blogspot.com.co/2012/08/historia-y-evolucion-de-la-bombilla.html>. [Último acceso: 9 julio 2016].
- [126] C. Triviño, «La evolución del bombillo,» 31 mayo 2013. [En línea]. Available: <http://laevoluciondelbombillo.blogspot.com.co/>. [Último acceso: 07 julio 2016].
- [127] «ECURED conociminetos con todos y para todos,» 13 Junio 2016. [En línea]. Available: [http://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara\\_hal%C3%B3gena](http://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara_hal%C3%B3gena). [Último acceso: 8 julio 2016].
- [128] «endesaeduca,» 8 mayo 2016. [En línea]. Available: <http://blog.endesaeduca.com/historia-de-la-electricidad/historia-lampara-fluorescente/>. [Último acceso: 10 julio 2016].
- [129] «El invento que cambió la historia de la luz,» *BBC*, 10 Octubre 2012.
- [130] La patria, «La patria,» 15 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://www.lapatria.com/ciencias/un-poco-de-historia-sobre-el-alumbrado-publico-en-colombia-278124>. [Último acceso: 15 noviembre 2016].
- [131] Alcaldía mayor de Bogotá, «Alcaldía de Bogotá,» [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8268>. [Último acceso: 15 noviembre 2016].
- [132] J. S. Herrera, «El tiempo,» 12 septiembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-6086427>. [Último acceso: 15 noviembre 2016].
- [133] alcaldía de Bogotá, «alcaldía de Bogotá,» 5 agosto 1996. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=352>. [Último acceso: 4 diciembre 2016].
- [134] E. Medina, «El tiempo,» 11 junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/emprendedores-colombiano-lleva-luz-a-zonas-pobres-y-en-conflicto/15932180>. [Último acceso: 4 diciembre 2016].
- [135] Secretaría de infraestructura alumbrado publico bucaramanga, «alumbrado publico bucaramanga,» octubre 2015. [En línea]. Available: <http://alumbrado.bucaramanga.gov.co/files/documentos/InformeEficienciaEnergetica.pdf>. [Último acceso: 4 diciembre 2016].
- [136] Codensa corporativo , «corporativo codensa,» 13 Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://corporativo.codensa.com.co/ES/PRENSA/COMUNICADOS/Paginas/CODENSAacontin%C3%BAtrabajandoenelmejoramientodelalumbradop%C3%BAlicodeBogot%C3%A1.aspx>. [Último acceso: 4 diciembre 2016].
- [137] Secretaría calidad y servicio a la ciudadanía municipio de Medellín-secretaría de Medellín, «Auditoria especial alumbrado público vigencia 2014,» Medellín , 2014.
- [138] Universidad Politécnica de Catalunya, «<https://upcommons.upc.edu>,» 19 10 2016. [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4429/anexo%201.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [139] Aguasmenores.blogspot, «<https://aguasmenores.blogspot.com.co>,» 18 10 2016. [En línea]. Available: <https://aguasmenores.blogspot.com.co/2013/01/la-evolucion-de-la-retroiluminacion-led.html>.
- [140] Wikipedia Contributors, «Wikipedia,» 30 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Refrigeration&oldid=732283764>. [Último acceso: 02 Agosto 2016].
- [141] Wikipedia contributors, «Wikipedia,» 05 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Yakhchal&oldid=708424952>. [Último acceso: 02 Agosto 2016].
- [142] Wikipedia contributors, «Wikipedia,» 17 Julio 2016. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver\\_Evans](https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans). [Último acceso: 02 Agosto 2016].
- [143] Wikipedia contributors, «Wikipedia,» 21 Julio 2016. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob\\_Perkins](https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_Perkins). [Último acceso: 02 Agosto 2016].
- [144] Google, «Google patentes,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/patents/US8080>. [Último acceso: 02 Agosto 2016].

- [145] Wikipedia contributors, «Wikipedia.» [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferdinand\\_Carr%C3%A9&oldid=721763162](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferdinand_Carr%C3%A9&oldid=721763162). [Último acceso: 02 Agosto 2016].
- [146] R. C. Arora, «History of refrigeration,» de *Refrigeration and Air Conditioning*, Nueva Delhi, PHI Learning Private Limited, 2010, pp. 7-9.
- [147] G. P. Ramos, Las principales innovaciones tecnológicas en Colombia de 1500 al 2000, Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2006.
- [148] HACEB, «Blog historia,» [En línea]. Available: <http://hacebelectrodomesticos.blogspot.com.co/p/historia.html>. [Último acceso: 06 12 2016].
- [149] CIDET, «Vigilancia tecnologica en nuevas tendencias de uso final de la energía,» 2016.
- [150] D. Trujillo Vera, «Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado,» de *E-URE*, Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, S.F.
- [151] CAREL INDUSTRIES S.p.a, «¿Qué es el acondicionamiento de aire?,» [En línea]. Available: <http://www.carel.es/what-s-air-conditioning->. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [152] L. Ramirez Espinosa, «PROYECTO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE ARIE PARA UN QUIROFANO PERTENECIENTE A UN HOSPITAL, LOCALIZADO EN LA CIUDAD DE TOLUCA; ESTADO DE MEXICO,» Mexico, D.F, 2013.
- [153] P. Lester, «Energy.GOV,» 20 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.energy.gov/articles/history-air-conditioning>. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [154] Keepit cool, «KIC,» 22 Enero 2005. [En línea]. Available: <http://www.keepitcool.com/timeline.htm>. [Último acceso: 28 Julio 2016].
- [155] A. Poveda, «Sistemas de Aire Acondicionado,» Medellín, 2016.
- [156] H. L. S. P. LUIS JAVIER RODRÍGUEZ CUARTAS, «MODELO GERENCIAL DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE,» 2006.
- [157] D. C. Alarcón, I. D. Mariño, S. M. Suspe Melo y H. A. Rivera Rodríguez, «Turbulencia empresarial en Colombia: caso sector de aire acondicionado y ventilación mecánica,» *Universidad del Rosario*, p. 52, 2010.
- [158] X. I. Stavro Tirado, «Implementación del Protocolo de Montreal en Colombia,» *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*, 2007.
- [159] ACAIRE, «Revista ACAIRE,» nº 63, 2016.
- [160] W. K, «Heat pump with supplemental heat source». Estados Unidos Patente US6615602B2, 2003.
- [161] M. V, T. L. E. G y H. A. D. G. L, «Method and apparatus of indirect-evaporation cooling». Estados Unidos Patente US6497107B2, 2002.
- [162] W. J, «Damper control in space heating and cooling». Estados Unidos Patente US6209622B1, 2004.
- [163] J. F. D. V, «Dispositivo para la recuperacion de parte de la energia residual de los vertidos de agua sanitaria». España Patente ES2284359A1, 2005.
- [164] E. D. C y A. G, «Thermally powered turbine inlet air chiller heater». Estados Unidos Patente US20090049836A1, 2008.
- [165] C. R y T.-T. Z, «Thermal compressive device». Estados Unidos Patente US20050252235A1.
- [166] M. A. A. Echeverría, «SISTEMAS ALTERNATIVOS DE REFRIGERACIÓN CON BAJO IMPACTO EN EL AMBIENTE,» *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2009.
- [167] F. P. W y S. L. I, «Refrigeration unit apparatus and method». Estados Unidos Patente US6718781B2, 2004.
- [168] T. H, M. K. K. Y, I. H, I. K. N. S, S. H y I. M, «Ejector cycle system with critical refrigerant pressure». Estados Unidos Patente US6477857B2, 2002.
- [169] B. W. P, C. S. L, P. H y J. N, «Interactive control system for an HVAC system». Estados Unidos Patente US7296426B2, 2007.
- [170] B. R. S, D. T. L, D. R. P y I. B. D, «Air filter monitor for HVAC units». Estados Unidos Patente US6448896B1, 2001.
- [171] J. D. E y S. W. A, «Modulation control of a hydronic heating system». Estados Unidos Patente US20080179416A1, 2007.
- [172] L. M. Hall y A. R. Buckley, «A review of energy systems models in the UK: Prevalent usage and categorisation,» *Applied Energy*, vol. 169, pp. 607-628, 2016.
- [173] OECD/Eurostat, «Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation (Vol. Third edit),» [En línea]. Available: <http://www.oecd.org/sti/inno/oslomanualguidelinesforcollectingandinterpretinginnovationdata3rdedition.htm>. [Último acceso: 10 11 2016].
- [174] DANE, «Metodología General Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera - EDIT.,» Dirección de Metodología y Producción Estadística DIMPE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística., 2015.
- [175] C. d. m. historica, «centro de memoria historica,» 15 enero 2013. [En línea]. Available: [http://centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2013/bastaYa/capitulos/basta-ya-cap2\\_110-195.pdf](http://centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2013/bastaYa/capitulos/basta-ya-cap2_110-195.pdf). [Último acceso: 22 junio 2006].
- [176] D. Gassós, Atlas básico de exploraciones y descubriientos, Paramón.
- [177] OpenEnergyInformation, «Transparent Cost Database,» [En línea]. Available: <http://en.openei.org/apps/TCDB/>. [Último acceso: 15 August 2016].
- [178] A. Fasse, U. Grote y E. Winter, «Value chain analysis methodologies in the cotext of environment and trade research,» 2009. [En línea]. Available: [http://diskussionspapiere.wiwi.uni-hannover.de/pdf\\_bib/dp-429.pdf](http://diskussionspapiere.wiwi.uni-hannover.de/pdf_bib/dp-429.pdf). [Último acceso: 20 Octubre 2016].
- [179] «Portafolio,» 30 Mayo 2010. [En línea]. Available: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/fondo-estabilizacion-precios-combustibles-fepc-recursos-454816>. [Último acceso: 2016 Octubre 2016].
- [180] Universidad de Yacambú, «Marco Teórico - Cadena de Valor,» 2016. [En línea]. Available: [http://www.geocities.ws/mariacristinaruan/tesis/paginas/capitulo\\_ii.htm](http://www.geocities.ws/mariacristinaruan/tesis/paginas/capitulo_ii.htm). [Último acceso: Octubre 2016].

