

MAPAS DE RUTA PARA LA MATERIALIZACIÓN DE DOS OBJETIVOS ENERGÉTICOS

Informe 3

DOCUMENTO CIDET-IEB-708-15-03



CIDET-IEB

Contrato No. 009-2015
16/12/2015



Contenido

1	OBJETIVO.....	22
2	EQUIPO CONSULTOR.....	23
3	METODOLOGÍA	25
3.1	Fase I Formulación de Trayectorias.....	26
3.1.1	Método Delphi.....	28
3.1.2	Talleres Regionales	32
3.1.3	Entrevistas	33
3.1.4	Definición de Trayectorias	34
3.2	Fase II. Evaluación de las trayectorias.....	36
3.3	Fase III. Consolidación de los mapas de ruta	37
4	ESTRUCTURACIÓN DE MAPAS DE RUTA PARA EL OBJETIVO 5 DEL PEN 2050: MANTENER LOS INGRESOS Y VIABILIZAR LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA Y GENERACIÓN DE VALOR	39
4.1	Estructuración del mapa de ruta para el sector Petróleo	39
4.1.1	Situación Actual Sector Petróleo.....	39
4.1.2	Fases de Desarrollo	42
4.1.3	Análisis de las Trayectorias del Sector Petróleo	49
4.1.4	Esquema Resumen.....	53
4.2	Estructuración del mapa de ruta para el sector Gas	53
4.2.1	Situación Actual Sector Gas Combustible	54
4.2.2	Fases de desarrollo.....	61
4.2.3	Trayectorias sector del Gas Combustible.....	62
4.2.4	Análisis de las Trayectorias	64
4.3	Estructuración del mapa de ruta para el sector Carbonífero	68
4.3.1	Situación actual del sector del carbón	68
4.3.2	Fases de Desarrollo	71
4.3.3	Definición de trayectorias.....	73
4.3.4	Análisis de trayectorias	75
4.4	Estructuración del mapa de ruta para el sector Eléctrico	77
4.4.1	Situación Actual.....	77



4.4.2	Áreas de Enfoque	84
4.4.3	Fases de Desarrollo	85
4.4.4	Definición de trayectorias.....	88
4.4.5	Análisis de trayectorias	90
5	ESTRUCTURACIÓN DE MAPAS DE RUTA PARA EL OBJETIVO 6 DEL PEN 2050: VINCULAR LA INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES Y CONTAR CON EL CONOCIMIENTO, LA INNOVACIÓN Y EL CAPITAL HUMANO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR.....	92
5.1	Estructuración del mapa de ruta para sistemas de información	92
5.1.1	Situación actual	92
5.1.2	Métricas	94
5.1.3	Visión.....	94
5.1.4	Cuellos de botella	94
5.1.5	Retos	95
5.1.6	Definición de trayectorias.....	95
5.1.7	Análisis de las trayectorias.....	97
5.1.8	Esquema resumen.....	100
5.2	Estructuración del mapa de ruta para conocimiento e innovación.....	101
5.2.1	Situación Actual Conocimiento e Innovación en el Sector Energético	101
5.2.2	Visión.....	104
5.2.3	Cuellos de botella	104
5.2.4	Retos en términos de conocimiento e innovación.....	104
5.2.5	Definición de trayectorias.....	104
5.2.6	Análisis de las trayectorias.....	105
5.2.7	Esquema resumen.....	106
5.3	Estructuración del mapa de ruta para capital humano	107
5.3.1	Situación actual capital humano del sector energético	107
5.3.2	Visión.....	114
5.3.3	Cuellos de botella	115
5.3.4	Retos del sector energético en términos del recurso humano	115
5.3.5	Definición de trayectorias.....	115
5.3.6	Análisis de las trayectorias.....	117
5.3.7	Esquema resumen.....	118



6	RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DELPHI.....	120
7	RESULTADOS TALLERES REGIONALES.....	128
7.1	Resultados del taller en Barranquilla	128
7.2	Resultados del taller en Medellín	129
7.3	Resultados del taller en Bogotá	129
8	RESULTADOS ENTREVISTAS CON EXPERTOS GENERALES	134
9	MAPA DE RUTA 2016-2050 PARA MANTENER LOS INGRESOS Y VIABILIZAR LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA Y GENERACIÓN DE VALOR.....	138
9.1	Eje Estratégico 1: Desarrollar modelos de negocios viables y sostenibles para la industria energética.	141
9.1.1	Modernización del marco regulatorio	142
9.1.2	Desarrollo de no convencionales	143
9.1.3	Estructurar e implementar una industria energética con base en productos de valor agregado.	144
9.1.4	Modernización institucional del sector.....	145
9.2	Eje Estratégico 2: Definir una Política de desarrollo de los sectores energéticos	145
9.2.1	Modernización Institucional del sector.....	146
9.2.2	Articular y Fortalecer el Programa de Transformación Productiva y demás programas de desarrollo industrial nacional	147
9.3	Eje Estratégico 3: Apropriación, implementación y desarrollo de la Tecnología energética.....	149
9.3.1	Gestión de la Demanda	149
9.3.2	Competitividad y Eficiencia.....	150
9.3.3	Fuentes no Convencionales de Energía	152
10	MAPA DE RUTA 2016-2050 PARA VINCULAR LA INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES Y CONTAR CON EL CONOCIMIENTO, LA INNOVACIÓN Y EL CAPITAL HUMANO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR	154
10.1	Eje Estratégico 1: Sistemas de información	155
10.1.1	Fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones.	155
10.1.2	Gestión de la información para la prestación eficiente de servicios.	156
10.1.3	Fortalecimiento de control para la transparencia.	157
10.1.4	Observatorio de Energía.	158
10.1.5	Esquema Resumen Sistemas de Información.....	160



10.2	Eje Estratégico 2: Conocimiento e innovación.....	161
10.2.1	Política de financiación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en temas energéticos.....	162
10.2.2	Articulación Universidad, Empresa y Estado.	163
10.2.3	Desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector.	164
10.2.4	Fortalecer los Centros de Desarrollo tecnológico.....	165
10.2.5	Generar acciones de valor compartido en el sector.....	165
10.2.6	Esquema Resumen Conocimiento e Innovación.	166
10.3	Eje Estratégico 3: Capital humano.....	166
10.3.1	Evaluar la capacidad existente de talento humano para el sector, así como la demanda de este para el 2050.....	167
10.3.2	Fortalecer las instituciones de educación superior.....	168
10.3.3	Promoción del sector y diseñar una política educativa de incentivos.....	169
10.3.4	Formación de capital intelectual de impacto en la industria.	169
10.3.5	Resumen de las Acciones para la Línea Capital Humano.	170
10.4	Consolidación de mapa de ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.....	170
11	RECOMENDACIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.	172
11.1	Recomendaciones con base en los análisis cuantitativos sobre los mapas de ruta....	172
11.1.1	Recomendaciones para mantener los ingresos, viabilizar la transformación productiva y generación de valor.....	173
11.1.2	Recomendaciones para el vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.	183
11.2	Estrategias generales para la implementación de los mapas de ruta.....	186
11.2.1	Presentación y socialización de los mapas de ruta.....	186
11.2.2	Implementación del mapa de ruta.....	188
11.2.3	Seguimiento y control del mapa de ruta.....	188
11.3	Participación de los actores relevantes.....	189
11.3.1	Actores Relevantes para el Mapa de Ruta “mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor”.....	190



11.3.2 Actores Relevantes para el Mapa de Ruta “Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el crecimiento del sector” 203



Lista de tablas

Tabla 1 Profesionales grupo consultor Unión Temporal CIDET-IEB.....	23
Tabla 2 Grupo de profesionales de apoyo.	24
Tabla 3 Objetivos Sector Petróleo.....	42
Tabla 4 Áreas de Enfoque Sector Petróleo.....	42
Tabla 5 Demanda por Energético en los sectores de consumo final – escenarios propuestos (PJ)	44
Tabla 6 Demanda por Energético en los procesos de transformación – escenarios propuestos (PJ).....	44
Tabla 7 Consumo de Petróleo según escenarios alternativos del PEN 2050	49
Tabla 8 Fases de Desarrollo para el Escenario Base	51
Tabla 9 Objetivos Sector del Gas.....	60
Tabla 10 Áreas de Enfoque Sector del Gas.....	61
Tabla 11 Consumo de Gas según escenarios alternativos del PEN 2050.....	64
Tabla 12 Objetivos sector carbonífero.....	71
Tabla 13 Áreas de Enfoque sector Carbonífero	71
Tabla 14 Proyección de Consumo interno Sector Carbón.....	74
Tabla 15 Consumo de Carbón según escenarios alternativos del PEN 2050	75
Tabla 16 Crecimiento de la Demanda por Sector.....	79
Tabla 17 Capacidad Efectiva Neta SIN Dic 2014.....	79
Tabla 18 Objetivos Sector Eléctrico	84
Tabla 19 Áreas de Enfoque Sector Eléctrico	85
Tabla 20 Universidades que ofrecen los programas del sector.....	111
Tabla 21 Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería – 2014	112
Tabla 22 Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería clasificación por edad – 2014	112
Tabla 23 Profesionales de Ciencia e Ingeniería clasificados por salario – 2014	113
Tabla 24 Salario medio de profesionales según ciclo profesional – 2014.....	113
Tabla 25 Análisis de profesionales por departamento – 2014.....	114
Tabla 26 Nómina de Expertos.....	122
Tabla 27 Resultados del MICMAC, taller con expertos en Bogotá	129
Tabla 28. Resultado de MICMAC objetivo 6, taller con expertos en Bogotá.....	132
Tabla 29. Requerimientos adicionales de energía.	173
Tabla 30 Resultados de Sensibilidades	182
Tabla 31 Esquema de la Matriz RACI.....	189
Tabla 32 Categorías de los interesados y responsabilidades	189
Tabla 33 Lista Resumen de Actores Sector Energético.....	201
Tabla 34 Matriz RACI para Modelos de Negocios	202
Tabla 35 Matriz RACI para la Definición de Política.....	202
Tabla 36 Matriz RACI para Tecnología	203
Tabla 37 RACI para sistemas de Información.....	209
Tabla 38 RACI para conocimiento e innovación	209



Tabla 39 RACI para capital humano210



Lista de figuras

Figura 1 Esquema metodológico del proyecto	13
Figura 2 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta Objetivo 5 del PEN 2050.....	16
Figura 3 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.	17
Figura 4. Evolución de la Demanda por Energéticos principales – Escenario Base (PJ)	19
Figura 5 Esquema metodológico.....	25
Figura 6 Sectores que conforman el sector energético y aspectos que soportan su desarrollo	26
Figura 7 Mecanismos de Consulta a Expertos	27
Figura 8 Esquema representativo del Marco Conceptual para la estructuración del mapa de ruta	35
Figura 9 Representación de las trayectoria	36
Figura 10 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base CP – Sector Petróleo	45
Figura 11 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base MP – Sector Petróleo.....	46
Figura 12 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base LP – Sector Petróleo.....	47
Figura 13 Esquema de la trayectoria 2: Escenario Mundo Eléctrico CP – Sector Petróleo	48
Figura 14 Esquema de la trayectoria 2: Escenario Mundo Eléctrico LP – Sector Petróleo	49
Figura 15 Esquema para la estructuración del mapa de ruta del sector petróleo	53
Figura 16 Distribución de la Demanda de Gas por Sectores en 2014	55
Figura 17 Proyección de la demanda de gas	55
Figura 18 Proyección de demanda de gas natural mensual sector petrolero Ecopetrol.....	56
Figura 19 Balance de Gas en Colombia.....	57
Figura 20 Precio del Gas Natural.....	58
Figura 21 Estructuración del mapa de ruta sector Gas Combustible	62
Figura 22 Estructuración de acciones de mejora para la conformación de las trayectorias	63
Figura 23 Representación de la Trayectoria 1 sector del gas combustible.....	65
Figura 24 Representación de la Trayectoria 2 sector del gas combustible	66
Figura 25 Representación de la Trayectoria 3 sector del gas combustible	67
Figura 26 Representación de la Trayectoria 2 sector del gas combustible	68
Figura 27 Esquema mapa de ruta Carbón	73
Figura 28. Esquema de Trayectoria – Aumentar cantidad y capacidad de exportación	74
Figura 29 Esquema Trayectoria - Aumentar el consumo interno de carbón.....	75
Figura 30 Esquema Trayectoria - Fortalecer red proveedores de servicios	75
Figura 31 Crecimiento Demanda Anual	78
Figura 32 Composición de la Generación SIN 2014	80
Figura 33 Precio de Bolsa Nacional.....	81
Figura 34 proyección de demanda de potencia para el período 2015-2029.....	84
Figura 35 Proyección de Demanda y Capacidad Instalada.....	86
Figura 36 Esquema de mapa de ruta sector eléctrico	88
Figura 37 Trayectoria 1 del sector eléctrico.....	89



Figura 38 Trayectoria 2 del sector eléctrico	90
Figura 39 Representación de la trayectoria 1 del sector eléctrico.....	91
Figura 40 Representación de la trayectoria 2 del sector eléctrico	91
Figura 41 Países integrantes de EITI	93
Figura 42 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Fortalecimiento institucional. ..	96
Figura 43 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Gestión de la información.	96
Figura 44 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Fortalecimiento de control para la transparencia.....	97
Figura 45 Detalle de las acciones para la trayectoria del sistema de información	98
Figura 46 Acciones para la coordinación de la información sectorial	99
Figura 47 Acciones para la adhesión de Colombia en la Iniciativa EITI.....	100
Figura 48 Esquema mapa de ruta Vinculación de la información.....	101
Figura 49 Inversión para I+D+i por objetivo socioeconómico	102
Figura 50 Grupos de investigación avalados por el programa de CTel (2014).....	103
Figura 51 Distribución de los grupos reconocidos por CTel	103
Figura 52 Esquema de Trayectoria – Conocimiento e Innovación.....	105
Figura 53 Esquema mapa de ruta Conocimiento e Innovación	107
Figura 54 Áreas de interés en la industria de hidrocarburos	109
Figura 55 Oferta de capital humano para los sectores locomotora y PTP	110
Figura 56 Programas TOP – 2013	110
Figura 57 Evolución de graduados en ingenierías de interés 2001 -2013	111
Figura 58 Índice de Dominio de Inglés mundial para el 2014	114
Figura 59 Esquema de Trayectoria 1 – Capital Humano	116
Figura 60 Esquema de Trayectoria 2 – Capital Humano.....	117
Figura 61 Esquema mapa de ruta Capital humano	119
Figura 62 Distribución por campo de conocimiento de los expertos	121
Figura 63 Localización de los expertos.	121
Figura 64 Ejes Estratégicos Objetivo 5 del PEN 2050.	131
Figura 65 Representación del valor compartido	139
Figura 66 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta Objetivo 5 del PEN 2050.	140
Figura 67 Mapa de ruta eje estratégico Negocios.....	141
Figura 68 Mapa de ruta eje estratégico Negocios – Marco Regulatorio	143
Figura 69 Mapa de ruta eje estratégico Negocios - No Convencionales.....	144
Figura 70 Mapa de ruta eje estratégico Negocios – Valor Agregado	145
Figura 71 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política.....	146
Figura 72 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política – Modernización Institucional	147
Figura 73 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política – Transformación Productiva	148
Figura 74 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología	149
Figura 75 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología – Gestión de la Demanda.....	150
Figura 76 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología – Competitividad y Eficiencia	151
Figura 77 Mapa de Ruta Eje Estrtrégico Tecnología – Fuentes no Convencionales.....	152
Figura 78 Resumen de las acciones para la línea sistemas de información.	161



Figura 79 Relaciones de influencias y dependencias potencialmente indirectas.....	163
Figura 80 Resumen de las acciones para la línea conocimiento e innovación.	166
Figura 81 Relaciones de influencias y dependencias indirectas.....	168
Figura 82 Resumen de las acciones para la línea capital humano.	170
Figura 83 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.	171
Figura 84. Cumplimiento Meta Producción	174
Figura 85. Cumplimiento PIB Crudo para cada Escenario	174
Figura 86. Cumplimiento PIB Gas Escenario 1.....	175
Figura 87. Cumplimiento PIB Gas Escenario 2.....	175
Figura 88. Cumplimiento PIB Gas Escenario 3	176
Figura 89. Cumplimiento PIB Gas Escenario 4	176
Figura 90. Cumplimiento PIB Gas Escenario 5	177
Figura 91. Cumplimiento PIB Gas Escenario 6.....	177
Figura 92. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 1.....	178
Figura 93. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 2	178
Figura 94. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 3	179
Figura 95. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 4	179
Figura 96. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 5	180
Figura 97. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 6	180
Figura 98. Requerimientos de Oferta de electricidad.....	181
Figura 99. Sensibilidades al balance.....	182
Figura 100 Modelo para evaluar políticas asociadas al Objetivo 6.	183
Figura 101 Demanda Vs. Oferta de CH Pregrado. Esc Optimista.....	184
Figura 102 Demanda Vs. Oferta de CH Pregrado. Esc Balance Energético E1.	184
Figura 103 Incremento del PIB Sectorial por Incremento en patentes.	185
Figura 104 Número de Proyectos de I+D+i por capacidad financiera y recurso humano.....	186
Figura 105 Organización y Estructura del sector del Gas en Colombia. Fuente:.....	194
Figura 106 Cadena del Carbón	196
Figura 107 Esquema de organización del sector Carbón.....	197
Figura 108 Organización del sector eléctrico.....	198
Figura 109 Esquema de actores. Objetivo 6.....	204



Acrónimos

AE: Arquitectura Empresarial
ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos
Andesco: Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones
ANDI: Asociación de Industriales de Colombia
ANM: Agencia Nacional de Minería
API: Aula de Propiedad Industrial
Asocodis: Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica
BID: Banco Interamericano de Desarrollo
CATI: Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación
CDTs: Centros de Desarrollo Tecnológico
CEN: Capacidad Efectiva Neta
CIDET: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico
CIEN: Centros de Innovación Educativa Nacional
CIER: Centros de Innovación Educativa Regional
CIO: Chief Information Officer
CIS: Coordinador de Información Sectorial
CIUO-08: Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones – 2008
CIURE: Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía
COLCIENCIAS: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas
CTel: Ciencia, Tecnología e Innovación
DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP: Departamento Nacional de Planeación
EE: Eficiencia Energética
EF– EPI: Índice de dominio de inglés EF
EITI: Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas
FNCE: Fuente No Convencional de Energía
FNCER: Fuente No Convencional de Energía Renovable
GEIH: Gran Encuesta Integra de Hogares
GLP: Gas Licuado del Petróleo
GN: Gas Natural
GNV: Gas Natural Vehicular
HVDC: High-Voltage Direct Current
IED: Inversión Extranjera Directa
IES: Instituciones de Educación Superior
ICETEX: Instituto Colombiano de Crédito y Estudios Técnicos en el Exterior
ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IEB: Ingeniería Especializada SA – IEB.



INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería
IPSE: Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas
I+D+i: Investigación, Desarrollo e innovación
KBPD: Miles de Barriles de petróleo diarios
MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio
MinTic: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
MME: Ministerio de Minas y Energía
MPCD: Millones de Pies Cúbico Día
NTC: Norma Técnica Colombiana
PCH: Pequeña Central Hidroeléctrica
PEN 2050: Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050
PIB: Producto Interno Bruto
PJ: Peta Joule
PND: Plan Nacional de Desarrollo
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales
PTP: Programa de Transformación Productiva
PYME: Pequeña y Mediana Empresa
SDL: Sistema de Distribución Local
SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje
SFCH: Sistema de Formación de Capital Humano
SGC: Servicio Geológico Colombiano
SIMEC: Sistema de Información Minero Energético Colombiano
SIN: Sistema Interconectado Nacional
SNFT: Sistema Nacional de Formación para el Trabajo
STR: Sistema de Transmisión Regional
Tcal: Tera-caloría
TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TIE: Transferencia Internacionales de Electricidad
Unión Temporal CIDET-IEB: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico – CIDET e Ingeniería Especializada SA – IEB.
UPME: Unidad de Planeación Minero Energética
URE: Uso Racional y Eficiente de Energía
USD: Dólar americano
WTI: West Texas Intermediate
ZNI: Zonas no interconectadas



RESUMEN EJECUTIVO

La Unidad de Planeación Minero Energética contrató en 2015 la consultoría C-009-2015 con la Unión Temporal CIDET – IEB (UT CIDET-IEB) para la formulación de dos mapas de ruta correspondientes a los objetivos 5 y 6 del Plan Energético Nacional 2050 (PEN 2050).

La UT CIDET – IEB desarrolló la consultoría en cuestión, dentro del marco de su oferta y los requerimientos de la UPME en términos del alcance, el tiempo, el costo y la calidad del proyecto según los términos de referencia.

El proyecto se desarrolló dentro de un marco de trabajo de buenas prácticas en gerenciamiento de proyectos, definidas por el Project Management Institute (PMI) y un nivel alto de interrelación con la UPME que superó el nivel de revisión y aprobación del equipo de trabajo hacia la consecución del objetivo del proyecto.

Para el desarrollo de los mapas de ruta La UT CIDET – IEB llevó a cabo una metodología integral de captura y análisis de información, que incluyó la participación de expertos y consolidación de su juicio, utilizando herramientas válidas para tal propósito.

El proyecto se desarrolló por medio de tres fases, la Fase 1 de formulación de trayectorias, la fase 2 de definición de los mapas de ruta y la fase 3 de consolidación de los resultados, tal como se puede observar en la figura 1.

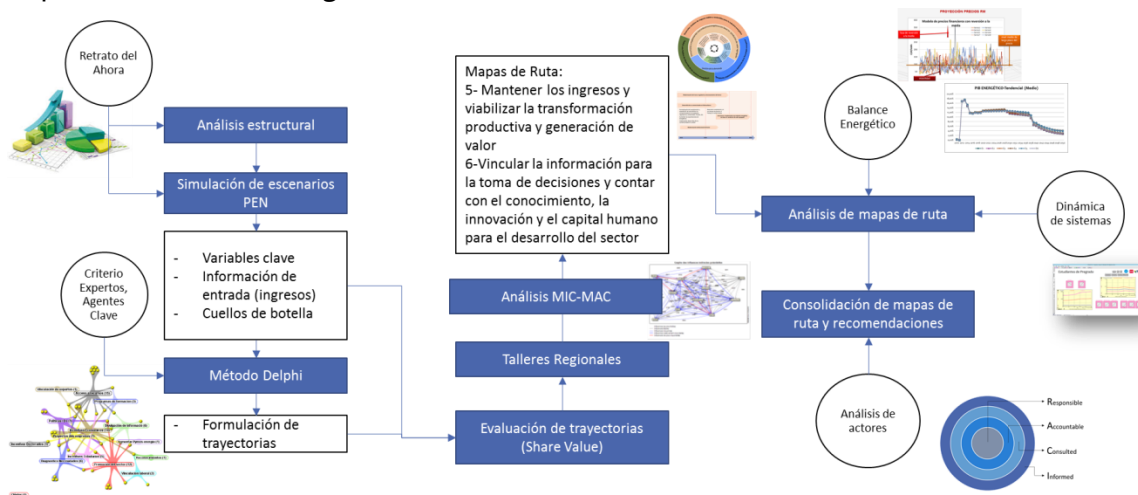


Figura 1 Esquema metodológico del proyecto

La fase 1 partió del PEN 2050 y estudios nacionales e internacionales considerados referentes para el caso, con lo cual, se estableció un retrato o diagnóstico del sector energético colombiano, sus componentes y relaciones, desde la consideración de los dos objetivos en cuestión, objetivo 5 y objetivo 6 del PEN 2050, ellos son:



- Objetivo 5: Mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor.
- Objetivo 6: Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

En relación con el objetivo 5, el sector energético se analizó desde los sub sectores que los componen: el sector de petróleo, gas, carbón y electricidad. Por su parte, para el objetivo 6, se consideró sus componentes en: información, conocimiento, innovación y recurso humano.

Las herramientas que se utilizaron en la fase 1 incluyen; el análisis estructural, la simulación de escenarios, la teoría de restricciones y el método Delphi. Herramientas con las cuales se formuló un conjunto de trayectorias que debería emprender el sector energético para la consecución de dichos objetivos 5 y 6 del PEN 2050.

La fase 2 tuvo como resultado la definición de los mapas de ruta, uno por cada objetivo del PEN 2050 en consideración. Para tal propósito, se llevó a cabo un trabajo con expertos del sector energético que sumados al método de la fase anterior, lleva a tres formas típicas de captura de información y consolidación del juicio de expertos, Delphi, talleres presenciales, entrevistas, formas que incluyeron el concepto de valor compartido en su formulación y ejecución.

El trabajo con expertos consideró la invitación a más de 200 personas del sector, obteniéndose una participación del 34% para el Delphi, 30 expertos en promedio por taller regional y 16 entrevistados.

El ejercicio Delphi fue realizado a través de una plataforma web que se dispuso por 45 días para la participación de los expertos, el análisis de la información resultante fue tratada utilizando herramientas de minería de datos y de texto que permitieron una gestión inteligente y eficiente de la información.

La realización de talleres regionales fue en las ciudades de Barranquilla, Medellín y Bogotá, previendo con esto un mayor nivel de representatividad nacional de los expertos en la construcción de los mapas de ruta. El objetivo del último taller en Bogotá, fue la realización de un ejercicio prospectivo denominado MIC-MAC, o matriz de impacto cruzado, con el cual se definieron los ejes direccionadores de los mapas de ruta.

Las entrevistas por su parte, se realizaron a expertos del sector energético que por su conocimiento y experiencia fueron clasificados como VIP, es decir, con campo de acción y de conocimiento general de todo el sector. El desarrollo de las entrevistas se logró en su mayoría de forma presencial, dando lugar al texto (correo electrónico) o al teléfono, en caso donde la grabación personal no fue posible.



La fase 3 de consolidación de los resultados incluyó un ejercicio cuantitativo de simulación para cada objetivo, la especificación y descripción de los mapas de ruta, así como los actores y su relación con su implementación en el sector.

Para el objetivo 5 se desarrolló un modelo de simulación que consideró el análisis de riesgo, donde se observó el comportamiento de los ingresos del sector frente a diferentes escenarios incluyendo los 5 escenarios del PEN 2050, el modelo simulación sirvió además para establecer los requerimientos del sector en términos de cantidades de suministro de los energéticos para cumplir con el objetivo 5 del PEN 2050, de mantener los ingresos del sector en el largo plazo.

Para el objetivo 6 se desarrolló un modelo de simulación en dinámica de sistemas que frente a la ausencia de información, permitió la evaluación de políticas de desarrollo de la información, la innovación, y el recurso humano, soporte al sector energético para el cumplimiento del objetivo 5 bajo diferentes escenarios del PEN 2050.

En esta fase 3 además, se utilizó el concepto de la matriz RACI (Responsable, Aprobador, Consultado e Informado) para la definición de los actores y sus responsabilidades en la implementación del mapa de ruta.

Los mapas de ruta que se obtuvieron luego del ejercicio consideran un conjunto de acciones en el corto, mediano y largo plazo, que debería emprender el sector energético para alcanzar el objetivo del PEN 2050 en cuestión.

Para el Objetivo 5 de mantener los ingresos, viabilizar la transformación productiva y generación de valor se definieron los siguientes tres ejes estratégicos: desarrollar modelos de negocios viables y sostenibles para la industria, definir una política de desarrollo de los sectores energéticos y la apropiación, implementación y desarrollo de la tecnología energética.

En relación con el desarrollar modelos de negocios viables y sostenibles para la industria, el cual incluye las siguientes acciones principales: modernización del marco regulatorio, desarrollo de no convencionales, estructurar e implementar una industria energética con base en productos de valor agregado, modernización institucional del sector.

En relación con la definición de una política de desarrollo de los sectores energéticos, el cual incluye, la articulación y fortalecimiento del programa de transformación productiva, la estructuración e implementación de una industria energética con base en productos de valor agregado.



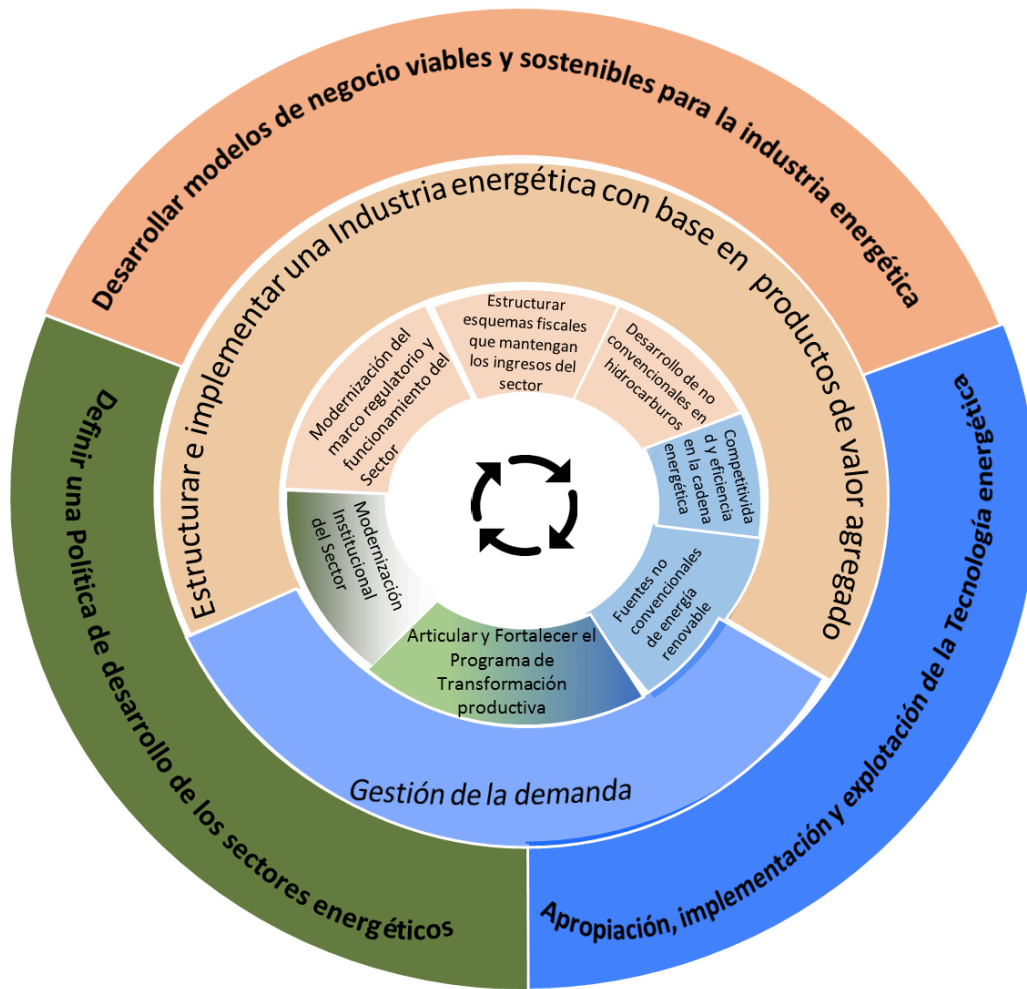


Figura 2 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta Objetivo 5 del PEN 2050.

Para la apropiación, implementación y desarrollo de la tecnología energética se identificaron acciones encaminadas a desarrollar: gestión de la demanda, competitividad y eficiencia en la cadena energética y fuentes no convencionales de energía, tanto renovable como no renovable.

Para el objetivo 6, de vincular la información con la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector se encontró tres líneas fuertes de direccionamiento del mapa de ruta: sistema de información, conocimiento e innovación y la línea de acción denominada capital humano.

Los sistemas de información deben considerar las siguientes acciones, el fortalecimiento del sector para la toma de decisiones, la gestión de la información para la prestación eficiente de servicios y el fortalecimiento del control para la transparencia, el observatorio de energía.



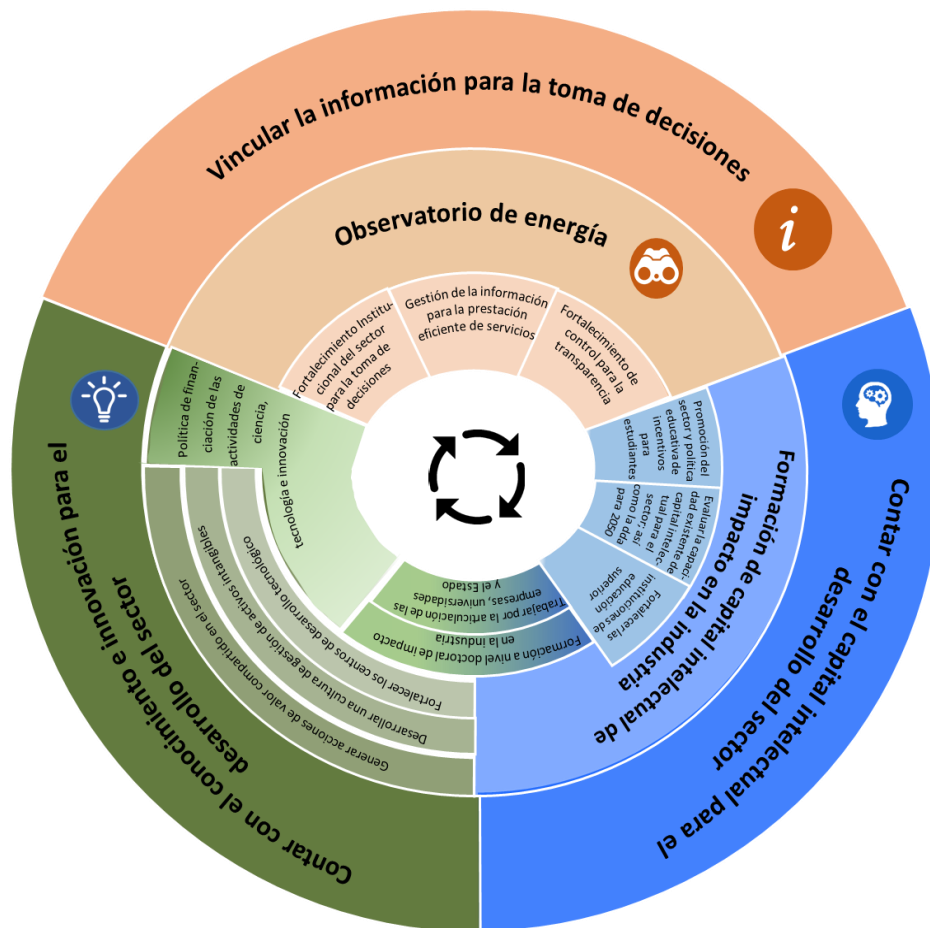


Figura 3 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

Fuente: Elaboración propia

En relación con la línea de conocimiento e innovación se definieron principalmente acciones encaminadas a desarrollar: una política de financiación de actividades de ciencia, tecnología e innovación en temas energéticos, la articulación universidad, empresa Estado, desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector y fortalecer los centros de desarrollo tecnológico, así como generar acciones de valor compartido en el sector.

En relación con la línea capital humano se ve pertinente el desarrollo de las siguientes acciones: evaluar la capacidad existente de talento humano para el sector, así como la demanda de este para el 2050, fortalecer las instituciones de educación superior, promoción del sector y diseñar una política educativa de incentivos, formación de capital intelectual de impacto en la industria.

Finalmente las recomendaciones que la UT CIDET – IEB definió para la UPME en relación con el proyecto, están enfocadas en tres grandes temas, el cumplimiento de los objetivos, la implementación del mapa de ruta, su control y seguimiento, así como la matriz RACI para cada una de las tres líneas estratégicas que direccionan cada mapa de ruta.



INTRODUCCIÓN

En el “Plan Energético Nacional: Colombia Ideario Energético 2050 – PEN 2050-”, publicado por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, en enero de 2015, se plantearon algunas ideas sobre el desarrollo futuro del sector energético colombiano, las cuales sirven de base para la elaboración e implementación de una política energética que permita lograr el abastecimiento de energía en Colombia de manera eficiente, buscando mayor diversificación de la oferta, con el mínimo impacto ambiental y maximizando la creación de valor para las diferentes regiones del país.

Con el propósito de detallar la política energética al 2050, se definieron cinco objetivos específicos: 1) Suministro confiable y diversificación de la canasta de energéticos, 2) Demanda eficiente de energía, 3) Esquemas que promuevan la universalización y asequibilidad al servicio de energía eléctrica, 4) Estimular las inversiones en interconexiones internacionales y en infraestructura para la comercialización de recursos estratégicos y 5) Mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor.

Igualmente en el PEN 2050, se definieron dos objetivos transversales para que la institucionalidad del sector se encamine en la consecución de los objetivos específicos, éstos son: 6) Lograr una mayor y mejor disponibilidad de información para la toma de decisiones de los agentes, y una mayor cohesión entre el conocimiento, la innovación y el capital humano disponible para facilitar la incorporación de los cambios técnicos y transaccionales avizorados y 7) Consolidación de la institucionalidad, avanzando hacia una mayor eficiencia del Estado y de la regulación.

Con el propósito de incorporar los cambios tecnológicos que se visionaron, en el PEN 2050, se definieron cinco (5) escenarios plausibles, uno base y cuatro alternativos, dentro del horizonte de largo plazo, 2014 – 2050. El escenario base, parte de los siguientes supuestos:

- a) Crecimiento anual de la economía del 4.6% constante desde 2014 hasta 2030, y de 3.5% de 2031 a 2050 de acuerdo con las perspectivas del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.
- b) Proyección de la población del DANE hasta 2020, con tasa de crecimiento constante hasta 2050 del último año.
- c) Crecimiento de la demanda de energía eléctrica a una tasa del 2% promedio anual, según la UPME.
- d) Crecimiento del gas natural a una tasa de 2.98% promedio anual para los sectores de consumo final y 2.6% para los procesos de transformación, con base en la UPME.
- e) Estructura de los usos de energía y eficiencias en la industria y en el transporte, de acuerdo con la UPME.
- f) Disminución del uso de leña, especialmente en el sector residencial rural, en beneficio del uso del gas natural, GLP y la electricidad.



- g) Ampliación de la cobertura de los servicios de gas natural y electricidad.
- h) Crecimiento de la demanda de energía en el transporte en función del crecimiento del parque automotor y de los viajes realizados en los principales centros urbanos del país.
- i) Penetración del gas natural como energético para el segmento de transporte de carga, de acuerdo con las perspectivas del gremio de distribuidores de gas natural.

Adicionalmente, se presenta la evolución de la demanda por energéticos principales hasta el año 2050. Ver Figura 1.

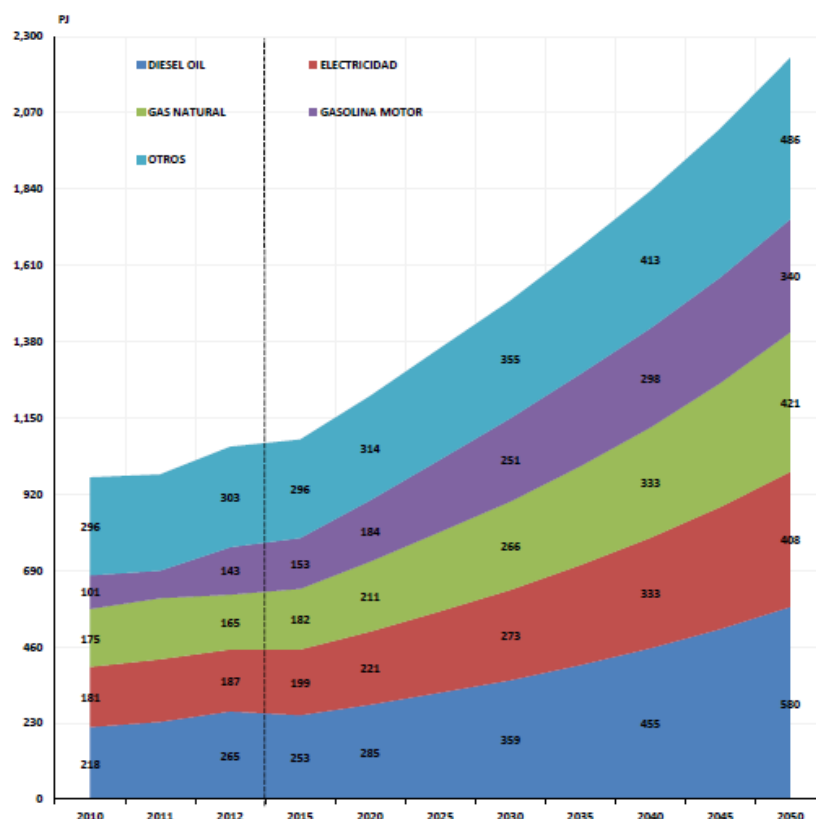


Figura 4. Evolución de la Demanda por Energéticos principales – Escenario Base (PJ)

Fuente de Datos: Balance Energético Nacional (2010 – 2012) – UPME, 2014, citado en PEN 2050 (UPME, 2015).

Las proyecciones de demanda presentadas en el PEN 2050, se realizaron en el Modelo para Análisis de Demanda de Energía (MAED por sus siglas en inglés) de la Agencia Internacional de Energía Atómica. El MAED evalúa la demanda de energía a mediano y largo plazo, con base en escenarios factibles de desarrollo socioeconómico, tecnológico y demográfico.

MAED es conceptualmente un modelo de simulación bottom-up (“de abajo arriba”) enfocado a la consolidación de los flujos energéticos desde su aprovechamiento, como energía útil, hasta llegar al nivel de energía final para cada uno de los portadores energéticos considerados.



A partir de los supuestos presentados del escenario base, se presenta a continuación un resumen de la descripción de los cuatro escenarios alternativos que se plantearon en el PEN 2050:

1. Escenario tecnológico 1 (T1): Parte del escenario base, suponiendo un mayor consumo de gas natural y energía eléctrica, en detrimento del uso de energéticos tradicionales y del carbón mineral. Lo anterior, con el fin de disminuir emisiones de gases de efecto invernadero, además de buscar mayor eficiencia en los procesos industriales.
2. Escenario tecnológico 2 (T2): Parte del escenario tecnológico 1, suponiendo la firma de un acuerdo de paz, que conllevaría a un mayor crecimiento económico y a la aplicación de políticas de impulso a las Fuentes No Convencionales de Energía, que podría verse reflejado en un mayor desarrollo rural, aumentando la participación de la biomasa en la matriz energética nacional. Además, se presenta una mayor participación de la electricidad y del GLP en detrimento del gas natural.
3. Escenario Mundo Eléctrico (ME): Parte del escenario base, suponiendo que el energético predominante sería la electricidad, por lo que se reemplaza como energético en todos aquellos usos y sectores donde sea posible. Por ejemplo, en los sectores ACM e Industria, reemplazar energéticos en calentamiento directo y en algunos casos fuerza motriz, y en el sector residencial y de servicio, la electricidad reemplaza procesos de cocción y calentamiento de agua. También se presenta penetración de energía solar de 0.5% al 2050 y eólica de 1.7% al 2050. En los procesos de transformación se presentan dos alternativas de suministro de energía eléctrica: Fuentes Convencionales de Energía, FCE y Fuentes No Convencionales de Energía, FNCE.
4. Escenario Eficiencia Energética (EE): Parte del escenario base, suponiendo metas de aumento de eficiencia en procesos agrícolas e industriales de 25% al 2030 y 30% al 2050 respectivamente, así como en procesos de cocción y calentamiento de agua en el sector residencial. También se presenta penetración de energía solar de 0.6% y eólica de 2% en los procesos de transformación.

En este marco de trabajo y de contexto del sector energético, la UPME en compañía de la Unión Temporal CIDET-IEB, desarrollan una consultoría que tiene como objetivo estructurar los mapas de ruta para la materialización de dos objetivos del PEN 2050:

- Objetivo 5: Mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor.
- Objetivo 6: Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

El denominado objetivo 5, está orientado a mantener los ingresos y aportes provenientes del Sistema General de Regalías -SGR- para el desarrollo del país, implementar los ajustes



macroeconómicos y procesos de transformación productiva y promover la generación de encadenamientos productivos “clúster” que permitan generar mecanismos de transferencia de valor y beneficios a la comunidad en general. Por otra parte, el denominado objetivo 6, propende por mejorar la calidad en la gestión de la información, los procesos de innovación y el capital humano necesarios para soportar la visión del PEN 2050.

De conformidad con los términos de referencia, la Unión Temporal CIDET-IEB consideró en la estructuración de los mapas de ruta para la materialización de los dos objetivos (objetivo 5 y objetivo 6), los siguientes conceptos:

1. *Retos y cuellos de botella (la dirección actual, análisis de costos y riesgos, los retos de las políticas, ruta crítica y puntos de control).*
2. *Medidas para impulsar los gestores del mercado (integración física, la construcción de la demanda, el funcionamiento del sistema, la inversión o desinversión en tecnologías altas y bajas en carbono).*
3. *Medidas para administrar las intervenciones (apoyo a las tecnologías bajas en carbono, apoyo a la eficiencia energética, recursos – mecanismos – adecuación).*
4. *Enfoques hacia un marco colombiano más fuerte (fortalecimiento de la gobernabilidad en Colombia, la formalización del gobierno regional, Modelos fiscales progresivos y que generen competitividad del sector conforme las consideraciones del Government Take.*
5. *Conceptos de valor compartido que permitan generar mayor impacto social sostenible (shared value).*

En el cumplimiento de los compromisos y entregables para el desarrollo del proyecto de estructuración de los mapas de ruta, la Unión Temporal CIDET-IEB, presenta en este documento, el desarrollo metodológico y los resultados de la formulación de los mapas de ruta para los objetivos 5 y 6 del PEN 2050.



1 OBJETIVO

El objetivo de este documento es presentar a la UPME los resultados de la consultoría: Estructurar los mapas de ruta para la materialización de los siguientes objetivos descritos en el ideario energético 2050 – Plan energético nacional (PEN): I. Mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor y, II. Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.



2 EQUIPO CONSULTOR

Para el desarrollo de la consultoría, la Unión Temporal CIDET-IEB cuenta con un equipo de profesionales comprometidos con la ejecución del mismo, los cuales se relacionan en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Profesionales grupo consultor Unión Temporal CIDET-IEB.

Fuente: elaboración propia

Nivel	Profesional	Funciones	Nivel Educativo	Dedicación
Director	Wilmar de Jesús Zapata Londoño	Profesional encargado de coordinar las actividades del estudio, con el fin de cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos por la unidad. El director del estudio estará en contante comunicación con el supervisor del contrato que designó la UPME	Maestría	100%
Profesional Regulación	Jaime Alberto Blandón Díaz	Profesional encargado de revisar, ajustar y consolidar el cumplimiento de los conceptos y propuestas de tipo legal y regulatorio que den coherencia en tales asuntos a los mapas de ruta planteados.	Magister	100%
Profesional Planeación y desarrollo sectorial	John Jairo Uribe Segura	Encargado de asesorar las actividades del estudio, aportando su conocimiento y experiencia en planeamiento y desarrollo del sector.	Maestría	100%
Profesional de Apoyo 1	Iván Camilo Díez Restrepo	Encargado de liderar las actividades para cumplir con los objetivos del estudio, aportando su conocimiento del sector en temas regulatorios, bajo la coordinación del director del proyecto.	Maestría	100%
Profesional de Apoyo 2	Santiago Horacio Hoyos Velásquez	Encargado de liderar las actividades para cumplir con los objetivos del estudio, aportando su conocimiento del sector en temas de planeación y desarrollo sectorial, bajo la coordinación del director del proyecto.	Maestría	100%
Profesional de Apoyo 3	María Nohemy Rivera Pérez	Encargado de apoyar las actividades del estudio para cumplir con los objetivos propuestos. Liderados por los expertos temáticos, y bajo la	Maestría	100%



Nivel	Profesional	Funciones	Nivel Educativo	Dedicación
		coordinación del director del proyecto.		
Asesor Experto en I+D+i	Rubén Darío Cruz	Encargado de brindar apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Doctorado	25%
Coordinador Administrativo	Lina María Niebles	Coordinación administrativa de la ejecución del proyecto	Pregrado	100%

Adicional a la relación de profesionales de la Tabla 1, la Unión Temporal CIDET-IEB asignó un grupo de profesionales de apoyo, que responden a las necesidades particulares de los especialistas. Ver Tabla 2.

Tabla 2 Grupo de profesionales de apoyo.

Fuente: elaboración propia

Nivel	Profesional	Funciones	Nivel educativo	Dedicación
Profesional junior de apoyo	Bibiana Cuartas	Brindan apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Maestría	100%
Profesional junior de apoyo	Diego Sánchez	Brindan apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Pregrado	100%
Profesional junior de apoyo	Catalina Garcés	Brindan apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Especialista	100%
Practicante profesional	Guillermo Suarez	Brindan apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Estudiante	100%
Practicante profesional	Alejandro Ramirez	Brindan apoyo a las actividades designadas por los expertos temáticos, coordinador administrativo, y profesionales de apoyo.	Estudiante	50%



3 METODOLOGÍA

La estructuración de los mapas de ruta para los dos objetivos 5 y 6 del PEN 2050, se ha desarrollado por medio de una metodología que consideró de forma explícita el diagnóstico del sector energético conforme al PEN 2050, igualmente se utilizó información actualizada disponible durante la ejecución del estudio. La metodología utilizada fue integración de varias metodologías ampliamente utilizadas para estudios de futuro, las cuales se basan en la consulta y análisis de juicio de expertos, así como la utilización de herramientas de simulación para la valoración de trayectorias, además de técnicas tradicionales de selección bajo riesgo e incertidumbre en ambientes de múltiples criterios y múltiples decisores.

De forma general, la metodología utilizada está conformada por tres fases de desarrollo. La fase I que tuvo por objetivo la formulación de las trayectorias, la fase II que arrojó como resultado la evaluación de las trayectorias, y en la fase III se consolidaron los mapas de ruta con las trayectorias más convenientes según las condiciones actuales, tal como se observa en la Figura 2.

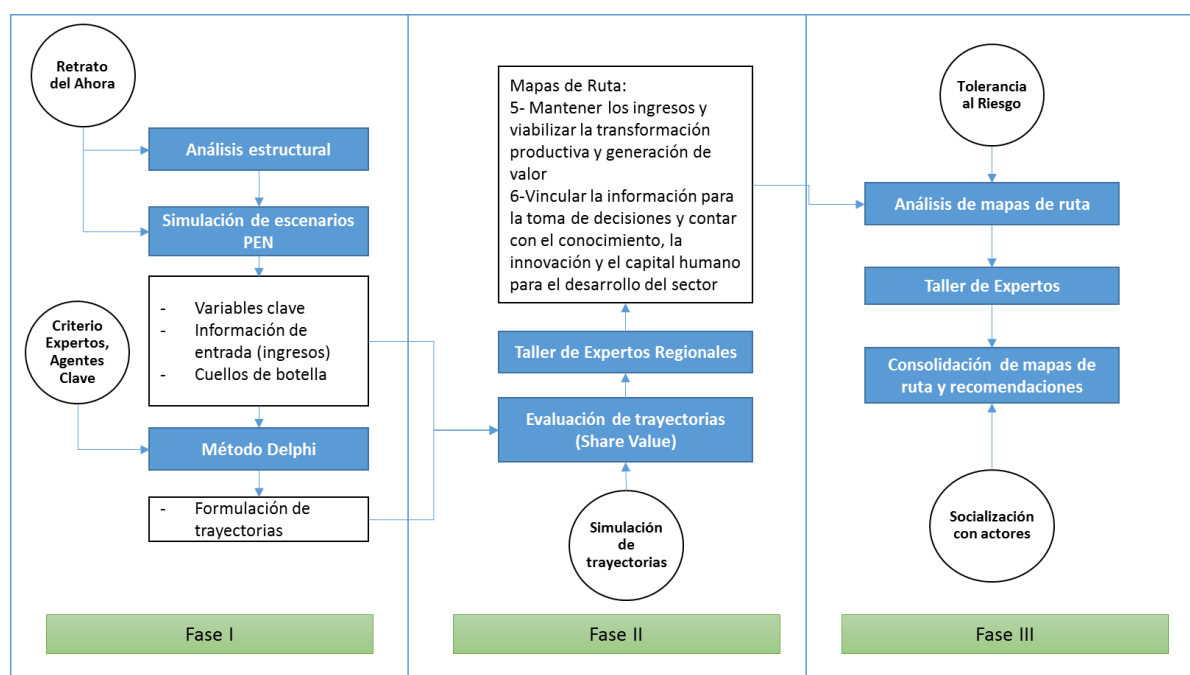


Figura 5 Esquema metodológico

Fuente: Elaboración propia.

De forma detallada se presenta a continuación la descripción de cada fase y su relacionamiento con la fase siguiente.



3.1 Fase I Formulación de Trayectorias

En la fase I se realizó un diagnóstico del sector energético o fotografía del ahora en función de 4 sub-sectores que lo conforman: petróleo, gas, electricidad y carbón; así como también cuatro aspectos transversales que soportan la toma de decisiones y el desarrollo del sector: la información, el conocimiento, el capital humano y la innovación, tal como se observa en la Figura 3.

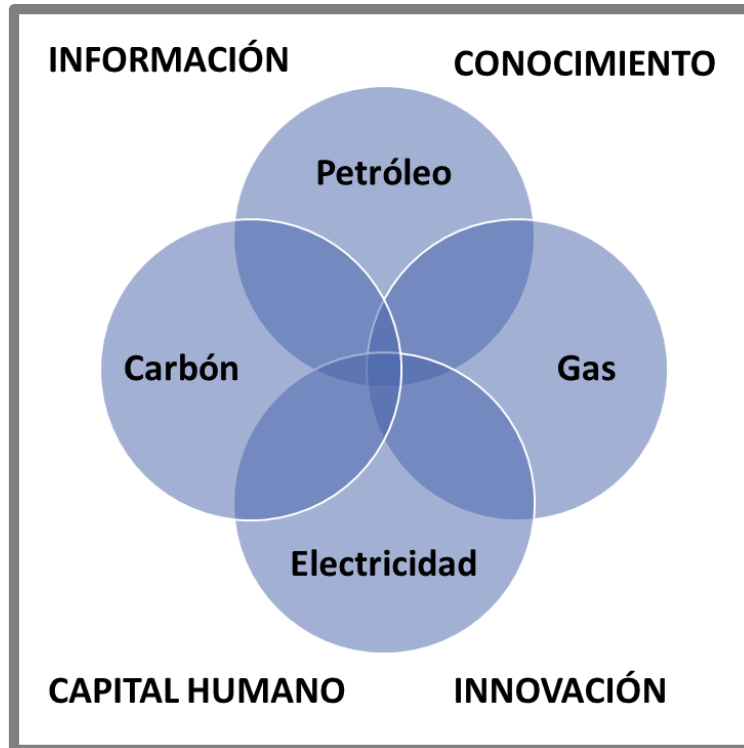


Figura 6 Sectores que conforman el sector energético y aspectos que soportan su desarrollo
Fuente: Elaboración propia.

Tanto los sub-sectores como los aspectos considerados están altamente relacionados para la definición de la política energética del país y logro de los objetivos planteados en el PEN 2050. Esto se puede ver desde los fundamentos del mercado, la oferta de un energético es requerida por la demanda de otro energético, así por ejemplo, la oferta de gas combustible es requerida para la generación de energía eléctrica. De igual forma, los requerimientos de la globalización, los avances tecnológicos y los retos sociales y ambientales, direccionan la información para la toma de decisiones y la determinación y asignación del recurso humano, el conocimiento y la innovación, en la vía de desarrollar un sector de talla mundial.

El diagnóstico del sector energético se realizó por medio de la recopilación de información secundaria sobre cada sub-sector y sobre cada aspecto de soporte a su desarrollo, se realizó un análisis estructural para las variables fundamentales del mercado, oferta, demanda y precio, considerando dos puntos de vista, uno interno y otro externo o definido por el entorno del sector energético colombiano. Adicionalmente, se aplicó la teoría de restricciones y el



concepto de valor compartido, para establecer, los cuellos de botella actuales y los retos del sector para el futuro, de conformidad con la visión del sector definida en el PEN 2050. Para mayores detalles del diagnóstico del sector energético en relación con los objetivos 5 y 6 del PEN 2050, ver el Anexo A.

Para la definición de las trayectorias, es decir, el conjunto de acciones que definen la forma de llegar a un estado futuro deseado del sector en el 2050 a partir de la situación actual establecida, se consultó a los expertos del sector a través de tres mecanismos distintos de captura de juicio y opinión, tal como se presenta en la Figura 4. Un mecanismo determinado por un cuestionario Delphi, otro por medio de talleres a nivel regional y un tercer mecanismo de captura de información primaria como son las entrevistas.

La definición de expertos se realizó en conjunto con la UPME haciendo uso de bases de datos proporcionada por la Unión Temporal CIDET-IEB, seleccionando los expertos que por su conocimiento y experiencia permitieran consolidar una opinión sobre el conjunto de acciones requeridas para lograr los objetivos del PEN 2050, se clasificaron en expertos sectoriales y generales y finalmente se consolidaron conjuntamente con el grupo de especialistas designados por la UPME.

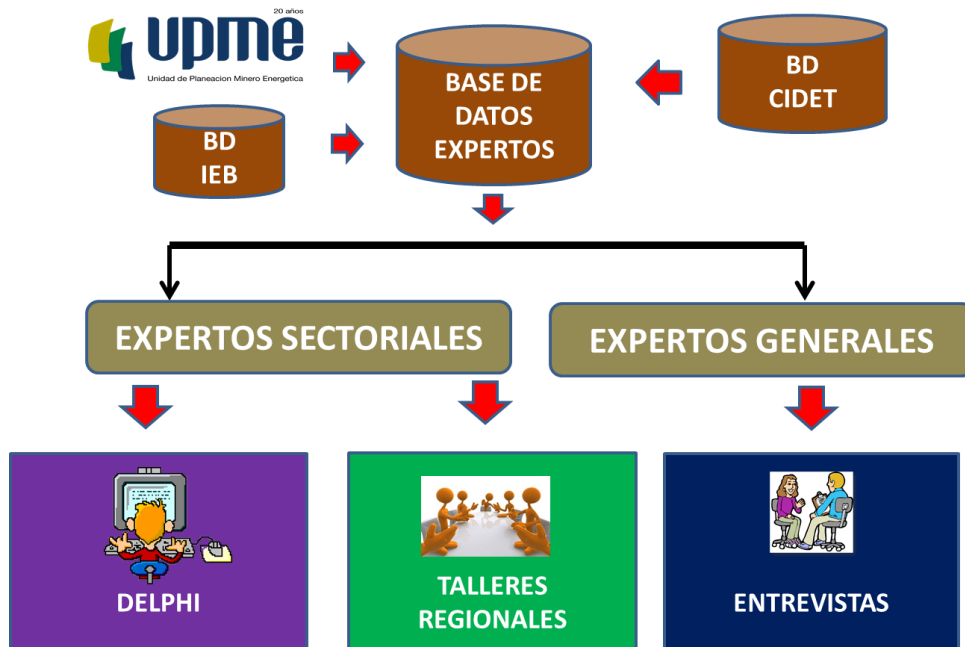


Figura 7 Mecanismos de Consulta a Expertos

Fuente: Elaboración propia.

Los expertos sectoriales correspondieron a personas con amplio conocimiento y experiencia en uno de los cuatro sectores: petróleo, gas, carbón y electricidad, representantes de las instituciones y organizaciones que conforman el sector, para un total de 200 expertos sectoriales. Los expertos generales fueron seleccionados por su amplio conocimiento y experiencia, así como por su reconocimiento y visión del sector energético en general, para un



total de 20 expertos generales. Mientras a los expertos sectoriales se les realizó una invitación oficial para participar del ejercicio prospectivo (Delphi), por medio de una carta institucional de la UPME, la cual se puede observar en el Anexo B. Carta de Invitación; a los expertos generales, además de la invitación por medio de un correo electrónico, se requirió de un trabajo adicional de investigación periodística y relacionamiento, así como de coordinación y logística para garantizar su disponibilidad por un corto tiempo para llevar a cabo la entrevista del caso.

La lista de expertos, tanto los sectoriales como los generales se puede observar en el Anexo B. el cual corresponde a una carpeta con varios archivos, uno en Microsoft Excel con el listado de expertos y otro en Microsoft Word con la carta de invitación.

Se presenta a continuación el detalle metodológico utilizado en cada mecanismo de consulta a los expertos.

3.1.1 Método Delphi

El método Delphi tiene como finalidad poner de manifiesto convergencias de opinión y hacer emerger ciertos consensos en torno a temas precisos, mediante preguntas a expertos por medio de encuestas. El objetivo más frecuente de los estudios Delphi, es el de aportar ideas a los expertos sobre zonas de incertidumbre a fin de ayudar a la decisión.

El objetivo de la aplicación de la método Delphi consiste en realizar una exploración para identificar y llegar a consensos sobre los cuellos de botella y retos que presenta el sector, conforme a la situación actual y futura, para cumplir con los objetivos propuestos, igualmente, explorar las diferentes acciones desde lo político, legal, tecnológico y económico, que deben desarrollarse por los diferentes grupos de interés, para lograr superar dichos cuellos de botella y alcanzar los retos propuestos, así como aquellas acciones que permiten alcanzar el estado futuro deseado del sector.

La técnica ha conocido diferentes versiones, aquí se presenta la forma clásica, la cual ha sido ampliamente utilizada y es resumida en tres etapas: la formulación del problema, la elección de expertos y la tercera etapa consiste básicamente en el desarrollo práctico del taller y explotación de los resultados.

3.1.1.1 Etapa 1: formulación del problema

Se trata de una etapa fundamental en la realización de un Delphi, definir con precisión el marco de trabajo es fundamental, por lo que es deseable que la información que se entregue a los expertos genere en todos ellos la misma noción del tema bajo análisis. Dicho marco consiste en la presentación del diagnóstico del sector por medio de la consideración de las métricas de los aspectos fundamentales que definen el comportamiento de cada sub-sector, oferta, demanda y precio; así como también por medio de la identificación de los retos y fortalezas de cada sub-sector. También considera la situación actual de los aspectos transversales que definen el objetivo 6 del PEN 2050, ellos son, información, conocimiento, innovación y recurso humano. En este sentido, características sobre la oferta y la demanda de estos aspectos es presentada de forma detallada en el diagnóstico del sector energético (ver Anexo A).



El diagnóstico del sector energético realizado por la Unión Temporal CIDET-IEB, ha encontrado que su desarrollo en Colombia ha presentado varios obstáculos que han limitado severamente la celeridad en la ejecución de proyectos de infraestructura, entre ellos se pueden citar los problemas identificados en el PEN 2050, problemas que están asociados directamente al desarrollo de infraestructura, a la posición dominante de agentes e interesados y al mismo diseño del sector y los mercados en Colombia, los cuales se listan a continuación.

Elementos que define la problemática que enmarca el desarrollo del sector energético en Colombia (UPME, 2015):

- Retrasos en el pronunciamiento de las autoridades ambientales.
- Retrasos y altos costos en las negociaciones con la población civil, como las comunidades indígenas y afrocolombianos entre otros. Bloqueos en las vías y cese de actividades laborales.
- Inestabilidad de los mercados a nivel local e internacional, cambio de condiciones y reglas de juego, por ejemplo a nivel tributario.
- Dificultades internas de las entidades públicas en solucionar problemas jurídicos.
- Altos costos de producción y sobrecostos por restricciones.
- Condiciones de dominio que facilitan el ejercicio del poder de mercado.
- La forma de incorporar costos en las tarifas.
- Infraestructura vial insuficiente para el transporte de energéticos y zonas apartadas con difícil acceso.
- Problemas de seguridad, atentados terroristas, voladuras de torres y oleoductos.
- Ausencia de capital humano técnico para las diferentes actividades del sector.
- Ausencia de formación técnica específica en las áreas de conocimiento de interés para el sector.
- Desarticulación entre los diferentes agentes de los mercados de energía.
- Desarticulación entre las diferentes instituciones del sector.
- Ausencia de información confiable de algunos subsectores y de herramientas de recopilación y procesamiento de información.

La elaboración del cuestionario Delphi debe ser llevada a cabo según ciertas reglas: las preguntas deben ser precisas, cuantificables (versan por ejemplo sobre probabilidades de realización de hipótesis y/o acontecimientos, la mayoría de las veces sobre datos de realización de acontecimientos) e independientes (la supuesta realización de una de las cuestiones en una fecha determinada no influye sobre la realización de alguna otra cuestión), de forma específica, las preguntas se centran sobre los siguientes aspectos:

- Los factores que aceleran el desarrollo del sector.
- Los factores que frenan el desarrollo del sector.
- Las acciones a emprender que desarrollen el sector.
- Los cambios en las políticas y en la regulación.
- El papel de los diferentes actores y gestores del sector, industriales, institucionales, académicos, de fomento y política.
- Los hechos portadores de futuro.



3.1.1.2 Etapa 2: Elección de expertos

Esta etapa es importante debido a que el término "experto" es ambiguo. Con independencia de sus títulos, su función o su nivel jerárquico, el experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y capacidad de visión.

La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son recogidas por vía postal y de forma anónima; así pues se obtiene la opinión real de cada experto y no la opinión influenciada por un proceso de grupo y preferencias de su líder.

En este caso en particular de la estructuración de los mapas de ruta, se consideró pertinente abordar el método Delphi por medio de una plataforma web, a través de la cual, el experto ingresó sus datos básicos, eligió el sector de su dominio y respondió las preguntas en línea. Este mecanismo no solo facilita el desarrollo de la actividad consultiva sino que también permite consolidar con mayor facilidad y rapidez el juicio experto.

Para la definición de los expertos, se consideró que el sector energético cuenta con una gran cantidad de grupos de interés, se pueden clasificar por sub-sector: electricidad, hidrocarburos y minería; por tipo de agente y elemento de la cadena de valor: en electricidad (generador, transmisor, distribuidor, comercializador y usuario final regulado y no regulado), en hidrocarburos, petróleo y gas y de manera similar en la minería, se tienen (productores, transportadores, distribuidores y pequeños y grandes consumidores). También se consideraron los interesados representantes del gobierno nacional como Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Unidad de Planeación Minero Energética, Comisión de Regulación de Energía y Gas, las Autoridades Ambientales (ANLA y corporaciones), agremiaciones, representantes de la población civil, de la academia, miembros del sistema de ciencia, tecnología y desarrollo tecnológico, asesores, consultores y prestadores de servicios del sector, entre otros.

De conformidad con los grupos de interés se debe actualizar la base de datos de expertos, considerando la participación de entidades relacionadas con el sector como son la industria, las universidades, las empresas de servicios y los entes gubernamentales e institucionales de política, regulación, control y planeación, en general representantes de los actores del sector.

Una de las actividades para este proyecto fue precisamente la de actualizar y validar la información de la base de datos de expertos y entidades que participaron del ejercicio Delphi.

Inicialmente, para el desarrollo de esta actividad se tomó como referencia la base de datos de expertos de los ejercicios prospectivos realizados por el CIDET, complementada con la base de datos de IEB, se consideró además otras bases de datos que se han utilizado para consulta a expertos en diferentes proyectos de planeación y futuro de otras entidades sectoriales. De



igual manera, se realizó una ronda interna de trabajo con los funcionarios de la UPME para incluir aquellos expertos que consideraban pertinentes.

Posteriormente, se procedió a contactar y confirmar la información, con el fin de actualizar todos los datos relacionados con los expertos; luego de esta fase, se seleccionaron las personas que se invitaron a participar en el ejercicio Delphi, con la ayuda de los profesionales de las diferentes subdirecciones, aprovechando su conocimiento y experiencia en trabajos conjuntos con las empresas del sector. Igualmente, el personal de la UPME formó parte importante del grupo de expertos participantes del ejercicio Delphi.

3.1.1.3 Etapa 3: desarrollo práctico y explotación de resultados

El cuestionario es enviado a un centenar de expertos (hay que tener en cuenta las no-respuestas y abandonos: el grupo final no debe ser inferior a 25% para que la muestra sea representativa y los resultados tengan validez). Naturalmente el cuestionario va acompañado por una nota de presentación que precisa las finalidades, el espíritu del Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato). Además, en cada cuestión, puede plantearse que el experto deba evaluar su propio nivel de competencia.

Una de las ventajas del Delphi es la cuasi-certeza de obtener un consenso en el desarrollo de los cuestionarios (pero convergencia no significa coherencia). Por lo demás, la información recogida en el curso de la consulta acerca de acontecimientos, tendencias, rupturas determinantes en la evolución futura del problema estudiado, es generalmente rica y abundante. Finalmente, este método puede utilizarse indistintamente tanto en el campo de la gestión y de la economía como en el de las ciencias sociales.

En el Anexo C. Cuestionario Delphi, se presenta el conjunto de preguntas agrupadas para cada objetivo del PEN 2050, las sectoriales a nivel energético: petróleo, gas, carbón y electricidad correspondientes al Objetivo 5, y la vinculación de la información para la toma de decisiones, el conocimiento e innovación y capital humano para el desarrollo del objetivo 6.

Las preguntas estuvieron orientadas a capturar la opinión de los expertos sobre la forma de solucionar los cuellos de botella identificados, al logro de los retos que el sector debe emprender, así como a los objetivos del sector y el conjunto de los escenarios definidos en el PEN 2050.

La mayoría de las preguntas fueron de carácter cerrado, con lo cual se garantizó su posterior tratamiento y análisis de resultados con herramientas estadísticas. Sin embargo, algunas preguntas fueron de carácter abierto para que los expertos manifestaran con plena libertad su opinión y juicio, con el propósito de identificar en este caso, elementos de quiebre o ruptura para la definición futura del sector. En ambos casos se utilizó el software de minería de datos VantagePoint para el análisis de la información recopilada. Además, como se indicó en el numeral anterior, se utilizó una plataforma informática bajo un ambiente web para el



desarrollo del Delphi. En el Anexo C se encuentran además de las preguntas y los resultados de la aplicación del Método Delphi.

3.1.2 Talleres Regionales

Los talleres regionales de carácter presencial, son mecanismos de captura de opinión definida como una fuente primaria, esto se debe a la interacción directa que tiene el origen de la información con el ente que la requiere. El origen de la información en este caso es el conocimiento y trayectoria del experto, y el ente que la requiere es la Unión Temporal CIDET-IEB en trabajo conjunto para la UPME.

Para la definición de las regiones se analizaron varios aspectos, la disponibilidad de los expertos, la presencia de las empresas del sector energético en la región, la capacidad de la Unión Temporal y el nivel de representación de los expertos regionales en el total nacional.

Los talleres regionales con expertos, fueron talleres realizados con varios objetivos, en primer lugar, garantizar la participación regional de los actores del sector en la definición de los mapas de ruta, en segundo lugar, los talleres regionales al tener una dinámica de mesas de trabajo, sirvieron de grupos monitores por medio de los cuales, el trabajo adelantado por la Unión Temporal CIDET-IEB obtuvo validez, finalmente, el trabajo con los expertos a nivel regional tuvo como objetivo preparación, adquisición aprendizaje y experiencia para el trabajo con expertos en el taller siguiente.

El trabajo realizado en la ciudad de Barranquilla tuvo como objeto, consolidar la visión de futuro que los expertos de la Costa Caribe colombiana tienen sobre el sector energético, así como la definición de acciones en el corto, mediano y largo plazo, para alcanzar dicho futuro, a partir de las condiciones actuales del sector (diagnóstico).

El trabajo realizado con los expertos en la ciudad de Medellín, tuvo el mismo objetivo con un mayor nivel de detalle que el de Barranquilla, consolidar una visión de futuro del sector para el corto, mediano y largo plazo, así como la definición de acciones que debería emprender el sector energético para lograr dicha visión en cada horizonte de tiempo.

Finalmente, el taller realizado en Bogotá tuvo por objeto la consolidación de la opinión y juicio de los expertos sobre dicho futuro del sector y las acciones que conforman las trayectorias hacia el futuro deseado del sector en el corto, mediano y largo plazo.

Metodológicamente entre los talleres regionales existe una relación que imprime un sistema de mejoramiento continuo, debido a que los resultados de un taller fueron utilizados en el taller siguiente, bajo la consideración del cumplimiento de los objetivos 5 y 6 del PEN 2050.

Con las acciones resultantes del taller 3 de Bogotá, la Unión Temporal CIDET-IEB aplicó una metodología de priorización con la cual estableció las trayectorias que conforman el mapa de ruta de cada objetivo del PEN 2050 en cuestión.



Para mayores detalles sobre los talleres regionales y sus resultados remítase al Anexo D. Talleres Regionales, donde además se encuentran las listas de expertos que participaron de los talleres.

3.1.3 Entrevistas

Al igual que en los dos casos anteriores, las entrevistas, son un mecanismo de captura de información primaria, que está caracterizada por mayor libertad de expresión de opinión de la fuente de información. Con una entrevista se busca conocer la comprensión del mundo desde el punto de vista del sujeto

Objeto de entrevista en este proyecto fueron los expertos definidos como generales, a través de un método de periodismo investigativo se realiza un contacto directo con dichos expertos y se logran realizar las preguntas y obtener las respuestas.

A través de las entrevistas se analizan las experiencias de los individuos, relacionándolas con prácticas cotidianas o profesionales, poniendo un especial énfasis en acceder a las prácticas e interacciones en su contexto natural, sin las alteraciones que pueda introducir un entorno artificial.

Un análisis sobre los expertos generales definió una clasificación de ellos en tres grandes grupos, políticos, económicos y técnicos. Los políticos obedecen a expertos del sector energético que han formado o forman parte del Gobierno Nacional, han sido servidores públicos o han representado el Estado Colombiano en su desempeño profesional dentro del sector energético; los económicos, como su palabra lo indica, son economistas o actualmente se pueden desempeñar dentro de un cargo ocupado de la economía sectorial o nacional, por ejemplo fueron Ministros de Hacienda o similares; en tercer lugar de clasificación se encuentran los técnicos, que son personas expertas del sector energético, ampliamente conocedores del funcionamiento y operación de los sistemas y mercados que lo conforman, por ejemplo, industriales, miembros de agremiaciones, presidentes de compañías dentro del sector.

Dadas las características de ocupación y disponibilidad de las personas definidas como expertos generales, se requirió de un trabajo logístico para garantizar la entrevista, la cual tuvo dos opciones, presencial o telefónica. La Unión Temporal CIDET-IEB grabó dichas entrevistas, y presenta sus resultados por medio del Anexo E. Entrevistas, donde se observan las preguntas realizadas y las respuestas de los expertos.

La Unión Temporal CIDET-IEB avanzó en la estructuración de trayectorias de forma preliminar, como base para el trabajo con los expertos y su validación por medio de los mecanismos de consulta utilizados. Como resultado del trabajo con los expertos se determinó el conjunto de trayectorias para la fase II de la metodología. Se presenta a continuación el detalle metodológico utilizado para la formulación de las trayectorias.



3.1.4 Definición de Trayectorias

Para la definición de las trayectorias se utilizó el marco conceptual de estructuración del mapa de ruta definido a nivel internacional y utilizado por Colombia Inteligente en la estructuración del mapa de ruta para las Redes Inteligentes (Céspedes et al, 2012).

Este esquema de trabajo considera 5 elementos, tal como se observa en la Figura 5:

- Situación actual en términos de las métricas, los retos y las fortalezas del sector, resultado del trabajo previo realizado por la Unión Temporal CIDET-IEB en el diagnóstico del sector. Las métricas obedecen a los valores de las fundamentales que determinan la situación actual del sector. Los retos corresponden a las metas y conjunto de acciones que solucionan cuellos de botella y permiten alcanzar los objetivos 5 y 6 del PEN 2050. Las fortalezas corresponden a todas aquellas características internas del sector, de sus aspectos fundamentales, que permiten aprovechar oportunidades.
- Visión del sector, de acuerdo con el PEN 2050. Este plan energético nacional determina el estado futuro del sector bajo criterios de política energética preestablecida.
- Objetivos que soportan dicha visión, de conformidad con el PEN 2050.
- Áreas de enfoque. En el caso sectorial correspondieron a los diferentes elementos que conforman la cadena de valor, como son: producción, transporte, distribución y consumo, y áreas de enfoque transversal, como la regulatoria y el capital humano.
- Fases de desarrollo. El marco conceptual de estructuración de mapas de ruta define un conjunto de acciones agregadas por un horizonte de tiempo definido, corto (2016-2020), mediano (2021-2030) y largo plazo (2031-2050).



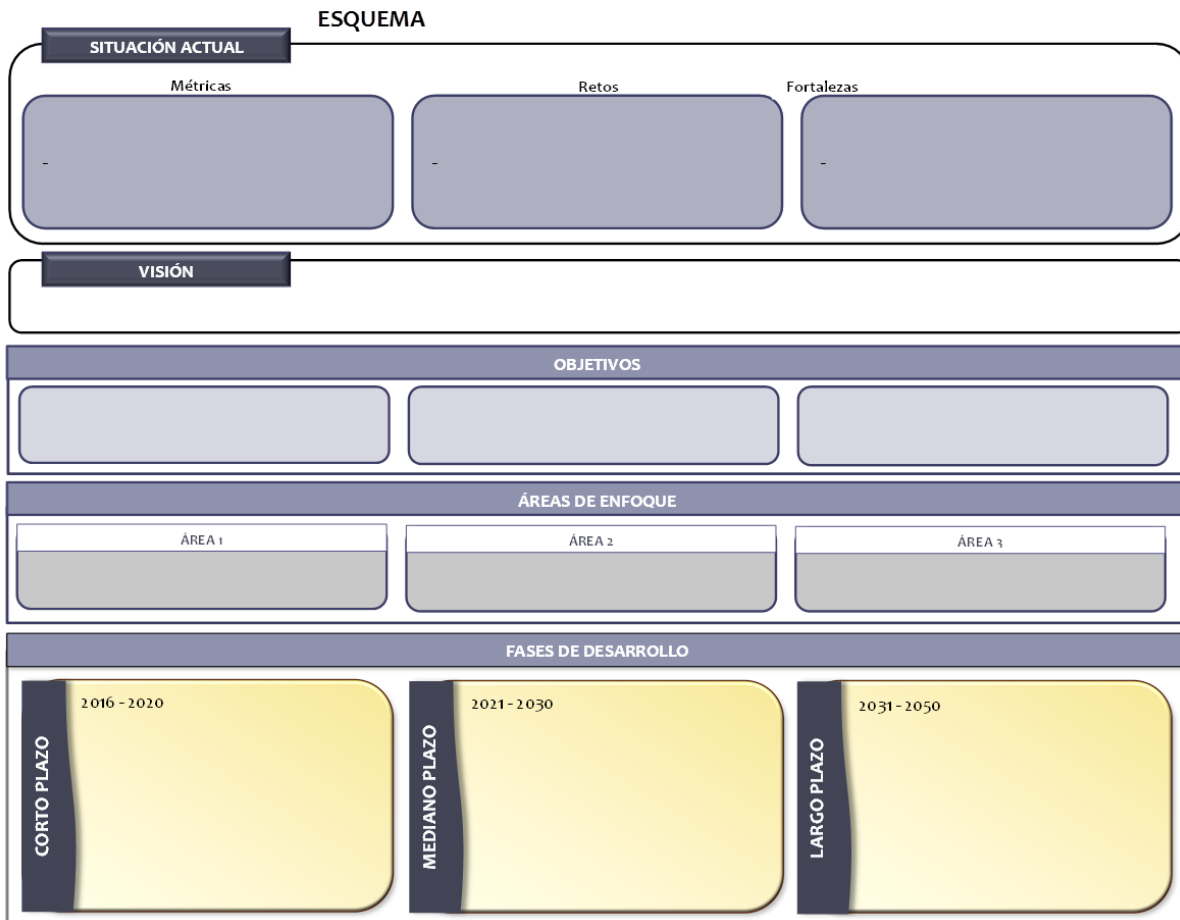


Figura 8 Esquema representativo del Marco Conceptual para la estructuración del mapa de ruta
 Tomado de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional.
 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

Se utilizó la metodología de discusiones grupales en mesas de trabajo sectorial y de integración con los demás sectores y objetivos del proyecto en general, considerando una variación a las trayectorias que define un conjunto de acciones, conforme los escenarios considerados.

Se parte de una línea base para la definición de acciones, las cuales definen la primera trayectoria y a partir de allí se derivan trayectorias para el logro del objetivo 5 del PEN 2050 bajo el condicionamiento de los escenarios alternativos.

La línea base está conformada por el conjunto de acciones que eliminan los cuellos de botella actualmente identificados y facilitan la consecución de los retos planteados para el sector derivados de su diagnóstico, además de integrar las acciones requeridas desde el punto de vista sectorial para el condicionamiento del escenario base del PEN 2050, tal como se presenta en la Figura 6.



Finalmente, trayectorias derivadas de la trayectoria base son definidas por el condicionamiento de cada uno de los escenarios alternativos.

Así por ejemplo, la línea base estaría conformada por las acciones de color rojo, A1-A6, lo que constituye la primera trayectoria. Una derivación de esta trayectoria sería a la línea base, considerar un par de acciones, en verde, la A9 y A12, lo que definiría la trayectoria 2 y así sucesivamente.

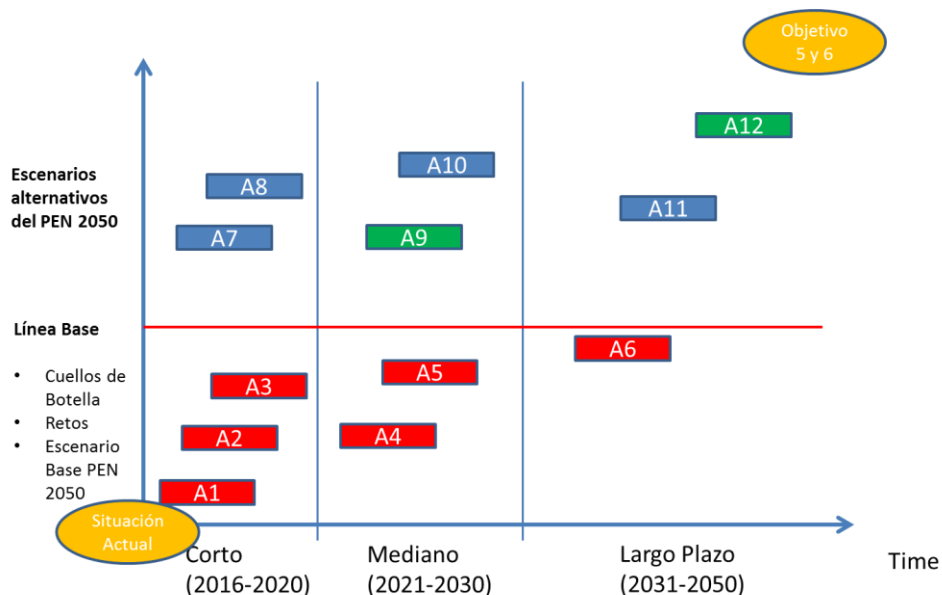


Figura 9 Representación de las trayectorias

Fuente: elaboración propia

La aplicación de la metodología para la definición de trayectorias que conformaría el mapa de ruta en cuestión se presenta para cada uno de los dos objetivos en la siguiente sección.

3.2 Fase II. Evaluación de las trayectorias

Como resultado de la fase I se obtuvo varios conjuntos de acciones que definieron diferentes trayectorias, agregadas de tal forma que se cumplen con los objetivos 5 y 6 del PEN 2050 de acuerdo con los horizontes de tiempo planteados, corto, mediano y largo plazo.

Para la evaluación de las trayectorias se requirió conocer como impactan los objetivos del PEN 2050, en este sentido, la Unión Temporal CIDET-IEB desarrolló una metodología soporte a la toma de decisiones, considerando la valoración de las acciones y la selección de las trayectorias.

Para tal propósito se desarrolló un modelo de simulación que consideró los balances energéticos para la situación actual del sector y futura, de conformidad con el diagnóstico desarrollado y los escenarios del sector energético definidos en el PEN 2050. Dicho modelo de simulación incluyó además los aspectos fundamentales de cada subsector, la oferta, la demanda y el precio, para el objetivo 5 y los elementos de oferta y demanda, encontrados para el objetivo 6 del PEN 2050, variables a través de las cuales se obtuvo el impacto de las



trayectorias en los objetivos en cuestión. Para las acciones para alcanzar el objetivo 6 del PEN 2050, se utilizó un modelo en dinámica de sistemas, integrando variables de decisión en información, capital intelectual e innovación.

Las trayectorias definidas en la fase I están conformadas por un conjunto de acciones, acciones que la Unión Temporal CIDET-IEB valoró de conformidad con su impacto en los aspectos fundamentales y más generalmente en términos del Producto Interno Bruto colombiano.

Luego de la valoración de las acciones, las cuales agregan la valoración de las trayectorias, se requirió realizar un proceso de selección de la trayectoria con base el cumplimiento de varios criterios para ambos objetivos 5 y 6 del PEN 2050.

3.3 Fase III. Consolidación de los mapas de ruta

El mapa de ruta consiste en un conjunto de acciones de corto, mediano y largo plazo, que permiten la construcción de futuro para el logro de la visión y los objetivos estratégicos.

Para la constitución o desarrollo de acciones en el corto, mediano y largo plazo, acordes con el PEN 2050, se requiere disponer de metodologías apropiadas que permitan a partir de talleres y mecanismos de consulta obtener el juicio experto y su análisis, donde participen los actores relacionados con las diferentes entidades públicas y privados de la cadena energética.

Es por consiguiente que para el tema del presente proyecto y del análisis propuesto, se desarrolla la metodología sobre los objetivos específicos definidos desde los términos de referencia, para los cuales se tienen:

Objetivo 5: Mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor

Objetivo 6: Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

Desde el contexto metodológico se aplica para la formulación de los mapas de ruta, el análisis estructural a partir de la matriz de impacto cruzado con la herramienta informática de Lipsor-MICMAC, ver Anexo D1 MICMAC. Dicha metodología permite a partir de la calificación de expertos obtener la base para los escenarios de corto, mediano y largo plazo para los objetivos 5 y 6 del PEN 2050

El trabajo realizado con el grupo de expertos presenta como resultado las diferentes percepciones y visiones de la cadena energética.

De este modo, en la construcción del mapa de ruta se busca consolidar toda la información de situación actual y futura capturada y analizada en las fases anteriores, mediante las técnicas de consulta a expertos con las herramientas Delphi, los talleres regionales y las entrevistas a los expertos generales.



Específicamente con la metodología de análisis estructural, se logra entender y dar una explicación del sistema bajo análisis a partir de la interrelación de cada una de las variables que conforman las acciones que se requieren en el corto, mediano y largo plazo, y que permitan definir mecanismos de cumplimiento de los respectivos objetivos.

La matriz de impacto cruzado, principal instrumento de consulta y calificación de los expertos en la aplicación de la metodología de análisis estructural, permite establecer un análisis sistémico a los diferentes componentes de un sistema a través de elementos claves que se convierten en puntos críticos o estratégicos en los que se generan cambios dados por las características de influencia y dependencia.

La contribución metodológica del análisis estructural desarrollado desde la comprensión del fenómeno del pensamiento sistémico, sientan las bases al plantear que un sistema se presenta en forma de un conjunto de elementos relacionados entre sí; sin embargo, hay que añadir que son elementos interrelacionados, conectados y relacionados con otros sistemas, consideraciones que se convierten en una de las premisas para la implementación de esta herramienta en las reflexiones prospectivas, en el punto que dirige a los expertos a la obtención y aproximación a imágenes que permitan evidenciar y comprender el comportamiento y relaciones sistémicas de los componentes identificados

De este modo se aplica la metodología en un taller de análisis estructural, el cual plantea en una reunión con expertos del sector, la presentación y discusión de las acciones que se han definido en las fases anteriores, entendidas como las de mayor valor para la construcción del futuro esperado en el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

Los expertos en dicho taller, a partir de sus respuestas de los niveles de importancia e interrelación de cada una de las variables en la construcción prospectiva del sistema que encierra los dos objetivos, definen una explicación y entendimiento del sistema, a partir de unos ejes estratégicos que son la guía para definir las acciones de corto, mediano y largo plazo.

Una vez este sistema es definido con las respuestas de los expertos, se desarrolla un trabajo hacia atrás, es decir se explica en detalle el sistema a partir de los ejes estratégicos y las variables constitutivas, soportando dicha explicación en las acciones que los mismos expertos definieron en los procesos anteriores de consulta Delphi, talleres regionales y entrevistas a expertos generales.

En el Anexo D Talleres Regionales se presenta con mayor detalle la metodología de análisis estructural utilizada y el resultado de dicho taller realizado en la ciudad de Bogotá; finalmente en el capítulo 9 y 10 se presentan los mapas de ruta para cada uno de los objetivos.



4 ESTRUCTURACIÓN DE MAPAS DE RUTA PARA EL OBJETIVO 5 DEL PEN 2050: MANTENER LOS INGRESOS Y VIABILIZAR LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA Y GENERACIÓN DE VALOR

Para este objetivo, se aplicó la metodología de forma desagregada para cada uno de los sectores que lo componen: petróleo, gas, carbón y electricidad, posteriormente se agregaron sus resultados para el sector energético condicionado para alcanzar dicho objetivo 5 del PEN 2050.

La estructuración del mapa de ruta para cada sector, siguió el esquema de trabajo presentado en la Figura 12.

4.1 Estructuración del mapa de ruta para el sector Petróleo

Debe recordarse que el esquema de trabajo presentado en la Figura 12, consiste en el desarrollo de 5 elementos, la situación actual, la visión, los objetivos, las áreas de enfoque y las fases de desarrollo. Se presenta a continuación cada uno de estos elementos para el sector petróleo.

4.1.1 Situación Actual Sector Petróleo

En la Cadena de Petróleo (2013), la UPME estima que la producción de crudo comenzará a declinar de forma acelerada a partir de 2014 y se proyecta que el autoabastecimiento de hidrocarburos podría estar en riesgo a partir de 2018 (PEN 2050 – UPME, 2015).

El sector de hidrocarburos tiene una participación del 22.9% en los ingresos corrientes del gobierno, sin mencionar el importante aporte de las regalías en las finanzas regionales - Estudio de Fedesarrollo, 2014 citado por UPME en 2015.

Gómez et al (2014) citado por UPME en 2015 advierten que una caída en el precio del petróleo, además del efecto negativo en las finanzas públicas, provocaría una depreciación del peso frente al dólar de cerca de 800 pesos por dólar, como resultado de la caída de las exportaciones y la inversión extranjera directa.

Adicionalmente, señalan que con un precio de 60 dólares por barril la economía nacional enfrentaría un período recesivo, lo que significaría un retroceso en términos de indicadores sociales, en primer lugar por una reducción en el nivel de empleo y en segunda instancia por una contracción en la oferta de crédito.

4.1.1.1 Métricas de los fundamentales en el sector petróleo

Algunos datos importantes del sector que definen su situación actual son los siguientes:

- Colombia en los últimos tiempos ha logrado mantener una oferta alrededor de 1000 KBPD. (ANH, 2015)



- El Precio actual WTI 46.97 USD/Barril. Junio de 2014
- El sector petrolero hasta la fecha ha presentado una gran dinámica económica, donde su participación en la IED total aumentó el 14% entre el 2003 y 2013, pasando de 16% a 30% respectivamente.
- Se dio un aumento considerable en el número de pozos perforados, el cual pasó de menos de 30 en 2003 a más de un centenar por año entre 2010 y 2013.
- La participación de la producción petrolera en el PIB total, tanto real como nominal, para 2013, representó el 5.6% del total del PIB real, lo que representa un incremento de 65% desde 2007, cuando registró una participación de 3.4%.
- El aumento en la producción ha permitido una mayor participación del sector de hidrocarburos en el comercio internacional del país, al representar más del 40% de las exportaciones totales. La economía colombiana se ha considerado como petrolera desde 2010.

4.1.1.2 *Cuellos de botella en el sector petróleo*

- Retrasos en el pronunciamiento de las autoridades ambientales.
- Retrasos y altos costos en las negociaciones con la población civil, como las comunidades indígenas y afrocolombianos, entre otros.
- Bloqueos en las vías para la construcción y operación de los proyectos.
- Cese de actividades laborales durante la operación.
- Inestabilidad de los mercados a nivel internacional, cambios estructurales y reconfiguración de la geopolítica energética.
- Altos costos de producción y sobrecostos por restricciones.
- Condiciones de dominio que facilitan el ejercicio del poder de mercado.
- Infraestructura vial insuficiente para el transporte de energéticos.
- Sobre costos en el suministro para zonas apartadas con difícil acceso.
- Problemas de seguridad, atentados terroristas, voladuras de oleoductos.
- Ausencia de capital humano técnico y especializado para las diferentes actividades del sector.
- Ausencia de formación técnica específica en las áreas de conocimiento de interés para el sector.
- Desarticulación entre los diferentes agentes de los mercados de energía.
- Desarticulación entre las diferentes instituciones del sector.
- Mayor tasa de crecimiento de la demanda que la tasa de crecimiento de la oferta.

4.1.1.3 *Retos del sector petróleo*

El sector tiene grandes retos ya que su dinámica no obedece a variables nacionales, sino de orden internacional, tales como:

- Mantener la inversión tanto de la industria petrolera nacional como de la inversión extranjera, a pesar de los niveles de precios actuales del petróleo.



- Mantener los niveles de exploración y desarrollo armónico de los demás eslabones de la cadena productiva.
- Mantener la seguridad y confiabilidad en el suministro.
- Agilizar los trámites ambientales, pero siendo rigurosos y transparentes en el manejo de los temas ambientales, con el fin de lograr una sostenibilidad ambiental.
- Desarrollar factores de atracción para el sector.
- Aumentar demanda asociada a procesos de transformación productiva en las diferentes industrias que hacen uso del petróleo y sus derivados.
- Desarrollar mecanismos de información eficientes.

4.1.1.4 Fortalezas

Las características internas del sector petróleo que permiten aprovechar las oportunidades de un mercado nacional e internacional constituyen las fortalezas que se describen a continuación.

- El nivel de aprendizaje y experiencia que el sector ha adquirido en los últimos diez años es de resaltar, un ejemplo de ello es la empresa del Estado Ecopetrol, que ha procurado por mantener y gestionar el conocimiento adquirido y generado a través de 63 años de operación.
- La presencia institucional de la ANH y Ecopetrol y su participación activa en el sector.
- Buena reputación corporativa y altos índices de transparencia de la principal empresa del sector, Ecopetrol.
- Los diferentes programas académicos, el sistema de ciencia, tecnología e innovación en relación con las capacidades requeridas del sector.
- El nivel salarial y en general las prestaciones y condiciones laborales de los profesionales del sector.

4.1.1.5 Visión

El sector petrolero será un sector con abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones. Se busca entonces, mejorar tanto la seguridad como la equidad energética, incorporando criterios de sostenibilidad ambiental.

4.1.1.6 Objetivos

Los objetivos para el sector petróleo son los siguientes.



Tabla 3 Objetivos Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia

Objetivo 5to para el sector energético (PEN 2050)	Mantener ingresos y aportes de regalías	Viabilizar la transformación productiva y la generación de valor	Obtener “shared value”
Traducción al Sector Petróleo	Aumentar el nivel de exploración y producción a niveles superiores de 2012 y mantener la meta de producción del MBD Realizar cambios regulatorios que garanticen los niveles de inversión privada y extranjera requeridos por el sector, bajo los criterios de eficiencia, competitividad y equidad.	Aumentar el nivel de exportación, mejorar la competitividad, Desarrollar industria alrededor de uno o varios derivados del petróleo. Desarrollar sistemas de información confiables y oportunos Planear, desarrollar, operar y mantener el sistema del sector petrolero con base en criterios de calidad, confiabilidad y seguridad en el suministro, aprovechando los desarrollos tecnológicos	Fortalecer una red de empresas de bienes y servicio alrededor de la industria y derivados del petróleo Aumentar la participación del Estado en el sector por medio de un mayor nivel de institucionalidad.

4.1.1.7 Áreas de Enfoque

Las partes de la cadena de valor del sector, se identifican como las áreas de enfoque y están relacionadas en la Tabla 13.

Tabla 4 Áreas de Enfoque Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia

Producción	Transporte y Distribución	Consumo	Mercado	Soporte
Mayor nivel de exploración Mayor nivel de perforación. Mayor eficiencia en la producción. Utilizar tecnologías más eficientes y de forma amigable con el medio ambiente	Desarrollo de infraestructura (poliductos y oleoductos). Mejoramiento de la confiabilidad. Mayor eficiencia en el transporte	Llegar a mayores niveles de eficiencia energética en la oferta de petróleo y sus derivados También mayor eficiencia en el consumo de petróleo y sus derivados	Desarrollo de un marco de comercialización más eficiente y transparente. Estabilidad regulatoria e incentivos para la inversión y la operación eficiente	Diseño del sistema general de regalías con asignación eficiente y oportuna Mejorar los tiempos de trámites ambientales y sociales

4.1.2 Fases de Desarrollo

El sector petrolero en Colombia es de vocación exportadora debido a que más del 40% de las exportaciones de Colombia provienen del sector petróleo. Bajo esta premisa y con los



escenarios de consumo promedio del PEN 2050, se presentan las diferentes trayectorias que involucran acciones para el corto, mediano y largo plazo con mira al logro del Objetivo 5 del PEN 2050.

Si se comparan tasas de crecimiento del caso base con relación a los demás escenarios, no hay un cambio estructural en el consumo, excepto en el escenario denominado *Mundo Eléctrico*, donde se presenta una visión de bajo consumo de petróleo y sus derivados, e incluso una reducción apreciable de la demanda en los procesos de transformación productiva, si se considera la utilización de fuentes no convencionales de energía renovable FNCER.

Esto conlleva a que las acciones que se contemplan para el caso base siguen siendo válidas para los escenarios T1, T2 y T3. Y para el escenario *Mundo Eléctrico* se deben realizar algunos ajustes en las acciones a tomar.

Se aclara que una manera de aumentar el consumo interno de hidrocarburos es a partir de la construcción de una política para generar demanda en los procesos de transformación productiva, y a partir de esto, generar valor en la economía colombiana basado en el desarrollo industrial y de las exportaciones de dichas industrias. Se tiene un amplio espectro de industrias que hacen uso del petróleo o sus derivados, listándose algunas de ellas:

- Industria: plásticos, fabricación de aceros y electrodos, aislamiento material eléctrico, cable de comunicación y fibra óptica, aceites y lubricantes, etc.
- Alimentación: colorantes, antioxidantes, conservantes, envasado de alimentos, latas, botellas, etc.
- Textil: fibras sintéticas, nylon, tratamiento de pieles, suelas zapatos, etc.
- Limpieza: aseo personal y hogar entre otros.
- Agricultura: insecticidas, herbicidas, fertilizantes, etc.
- Medicina: prótesis, implantes de odontología, gafas, pomadas, ungüentos, etc.
- Construcción: carreteras, pavimentos, cementos, hormigón, pinturas, etc.
- Muebles: aglomerados, productos laminados.
- Papel: libros, tratamiento de papel y cartones

4.1.2.1 Escenario Base

4.1.2.1.1 Acciones Corto Plazo 2016-2020

En este período no existe un mayor crecimiento del sector petróleo. Sumando la información entregada del petróleo en el PEN 2050, sus derivados y procesos de transformación, se pasa de un consumo de 1045 PJ, en el 2010, a 1840 PJ (PEN 2050. Tablas 5.3 y 5.5, tal como se muestra en la siguiente figura). Se espera que se empiecen a emprender las siguientes acciones:



Tabla 5 Demanda por Energético en los sectores de consumo final – escenarios propuestos (PJ)

Consumo Final Energía (PJ)	2010	2020					2030					2040					2050				
		B	T1	T2	ME	EE	B	T1	T2	ME	EE	B	T1	T2	ME	EE	B	T1	T2	ME	EE
Diesel Oil	218	285	267	268	202	267	359	306	306	118	306	455	377	380	41	377	580	467	473	0	467
Electricidad	181	221	251	252	382	229	273	323	323	628	293	333	401	410	958	360	408	497	520	1429	446
Gas Natural	175	211	264	245	194	191	266	352	324	183	231	333	460	430	171	271	421	606	576	162	321
Gasolina Motor	101	184	115	115	114	115	251	120	120	92	120	298	131	131	54	131	340	144	144	0	144
Leña	78	65	57	31	46	53	60	48	28	31	43	59	42	26	18	35	57	35	25	6	30
Carbón Mineral	49	47	18	17	14	51	60	17	17	11	76	76	15	15	7	111	97	10	10	3	161
Kerosene	39	55	49	49	41	55	67	58	58	44	66	82	69	69	47	80	99	81	81	1	97
Bagazo	33	28	25	53	20	26	26	21	47	13	24	25	18	44	8	23	24	15	42	3	23
GLP	29	30	23	35	9	39	38	50	65	7	73	48	60	81	4	93	62	71	101	2	119
Petróleo	23	38	27	27	51	36	47	31	31	109	44	59	37	37	101	56	73	41	41	1	68
Biodiesel	11	20	24	24	10	24	23	28	28	3	28	28	35	35	0	35	34	43	43	0	43
Residuos	11	9	8	17	6	11	8	7	15	4	11	8	6	14	2	11	8	5	14	1	12
Carbón de Leña	10	7	6	3	5	6	7	5	3	3	5	6	5	3	2	5	6	4	3	1	4
Alcohol carburante	6	10	6	6	7	6	12	6	6	7	6	14	7	7	6	7	17	7	7	0	7
Fuel Oil	4	4	2	2	1	4	5	2	2	1	5	7	2	2	0	6	8	2	2	0	8
Coque	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	971	1216	1144	1146	1106	1115	1231	1376	1375	1256	1333	1833	1665	1686	1420	1602	2235	2031	2084	1609	1952

Fuente: Balance Energético Nacional 2010 – 2012, UPME

Tabla 6 Demanda por Energético en los procesos de transformación – escenarios propuestos (PJ)

CONSUMO ENERGÍA PROCESOS TRANSFORMACIÓN (PJ)	2010	2020						2030						2040						2050					
		B	T1	T2	ME FCE	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME FCE	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME FCE	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME FCE	ME FNCE	EE
PT	631	819	753	650	663	556	695	1,073	748	748	658	498	840	1,280	900	894	654	330	980	1,491	1,058	1,089	649	6	1,200
HE	173	190	200	210	252	255	182	210	230	240	367	375	205	230	255	265	534	552	246	250	275	285	777	811	261
GN	152	207	207	207	207	162	172	254	254	254	254	174	205	301	301	301	301	187	235	348	348	348	348	200	268
CM	142	174	174	163	163	155	136	252	252	256	256	169	206	329	329	364	364	184	284	407	407	513	513	200	394
BZ	25	28	28	28	28	50	23	42	42	42	103	34	56	56	56	56	212	43	69	69	69	69	434	53	
LE	16	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CQ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DO	4	3	3	3	3	4	3	5	5	5	5	4	5	7	7	7	7	4	7	9	9	9	9	3	9
FO	2	3	3	3	2	2	2	4	4	4	1	1	1	6	6	6	1	1	1	7	7	7	0	0	0
RC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
GI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLP				4	4	4	4			9	9	3	9			13	13	2	13			16	16	0	16
SO					1	3	1				3	9	3				9	29	9				11	90	11
EO						5	4	5			15	17	15				25	70	25				35	289	35
TOTAL	1150	1437	1298	1281	1341	1201	1237	1845	1540	1563	1615	1333	1529	2212	1857	1908	1966	1474	1847	2584	2176	2340	2431	1658	2251

Fuente: Balance Energético Nacional 2010 – 2012, UPME



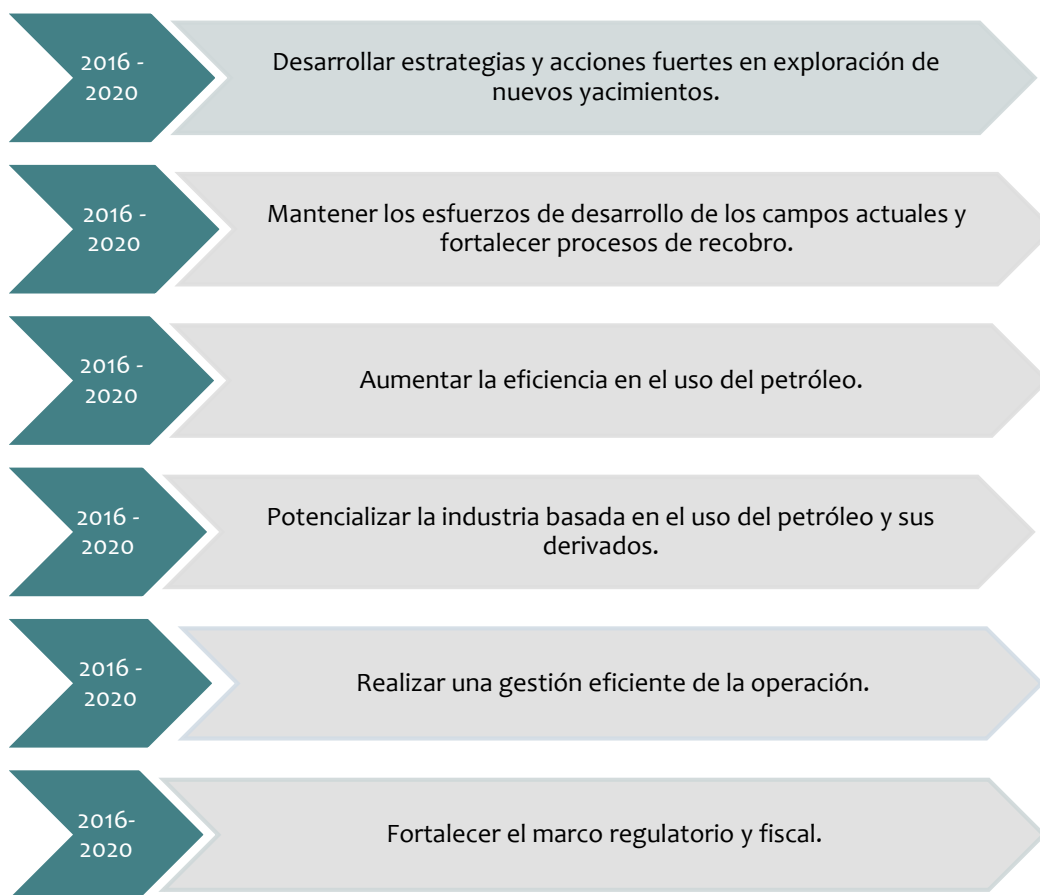


Figura 10 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base CP – Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia

4.1.2.1.2 Acciones Mediano Plazo 2021-2030

En este período ya empieza un proceso de recuperación del sector, con un crecimiento moderado en sus indicadores fundamentales. Sumando la información entregada del petróleo en el PEN 2050, sus derivados y procesos de transformación para el escenario base, se pasa de un consumo 1045 PJ, en el 2010, a 2229 PJ (PEN 2050. Tablas 5.3 y 5.5). Se espera que se empiecen a emprender acciones como las siguientes:



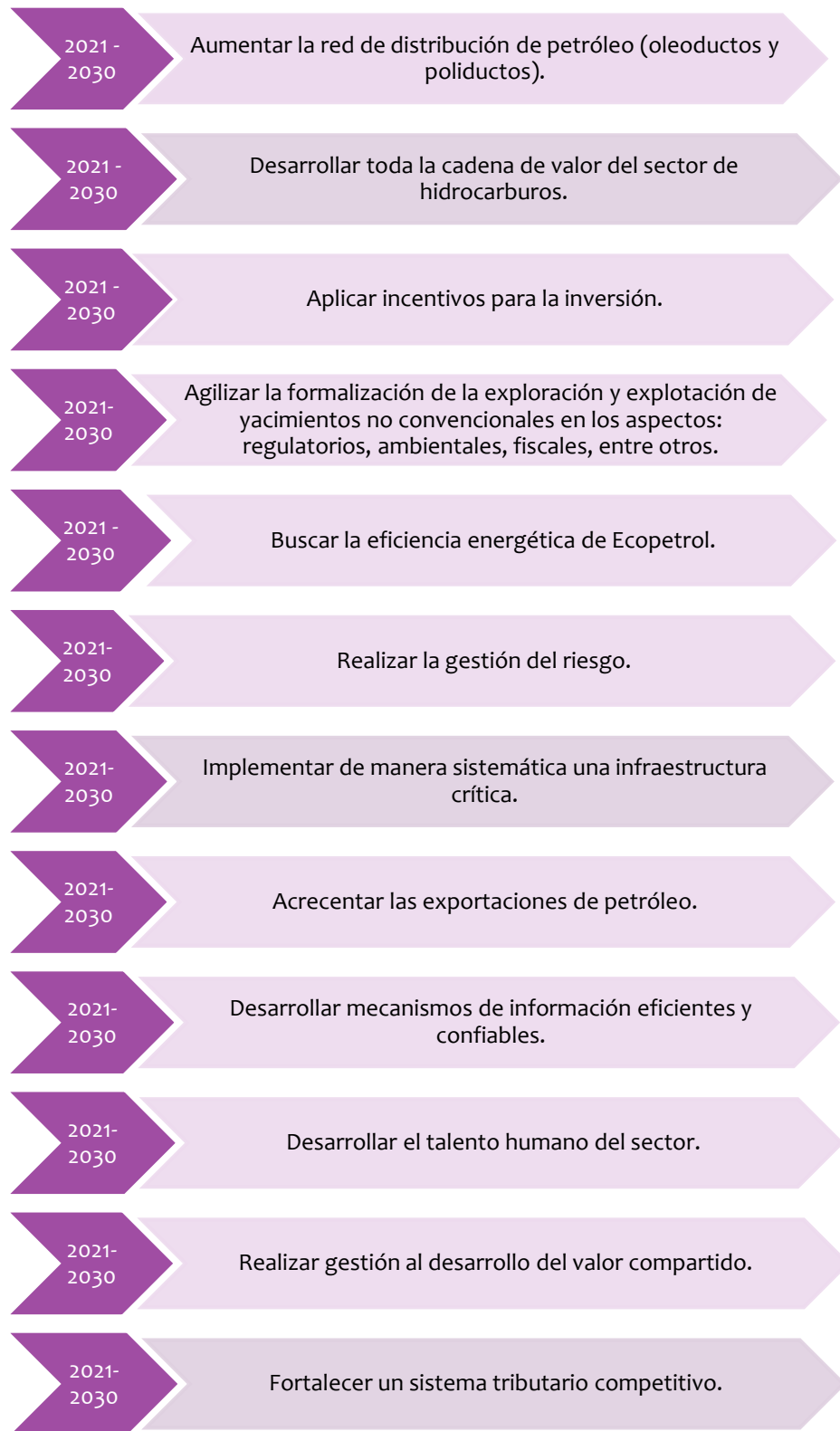


Figura 11 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base MP – Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia



4.1.2.1.3 Acciones Largo Plazo 2031-2050

En este período el sector se encuentra en pleno punto de maduración, con un crecimiento pleno y sostenido. Sumando la información entregada del petróleo en el PEN 2050, sus derivados y procesos de transformación, se pasa de 1045 PJ en el 2010 a 2653 PJ (PEN 2050. Tablas 5.3 y 5.5). Se espera que se empiecen a emprender las siguientes acciones:



Figura 12 Esquema de la trayectoria 1: Escenario Base LP – Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia



4.1.2.2 Escenario Mundo Eléctrico (ME)

Parte del escenario base, suponiendo que el energético predominante sería la electricidad, por lo que se reemplaza como energético en todos aquellos usos y sectores donde sea posible. En este escenario sí se presentan cambios apreciables con relación al consumo de petróleo, derivados y procesos de transformación con relación al caso base.

4.1.2.2.1 Acciones Corto Plazo 2016-2020

Comienza la desaceleración del consumo de hidrocarburos. De la Tabla 5.3 del PEN se observan datos como los siguientes: el combustible Diesel pasa 218 PJ en el 2010 a 202 PJ en el año 2020. La gasolina motor pasa 101 PJ en el 2010 a 114 PJ en el año 2020. El petróleo pasa 23 PJ en el 2010 a 51 PJ en el año 2020. Con relación a las acciones del caso base, se desprendería las siguientes acciones adicionales:

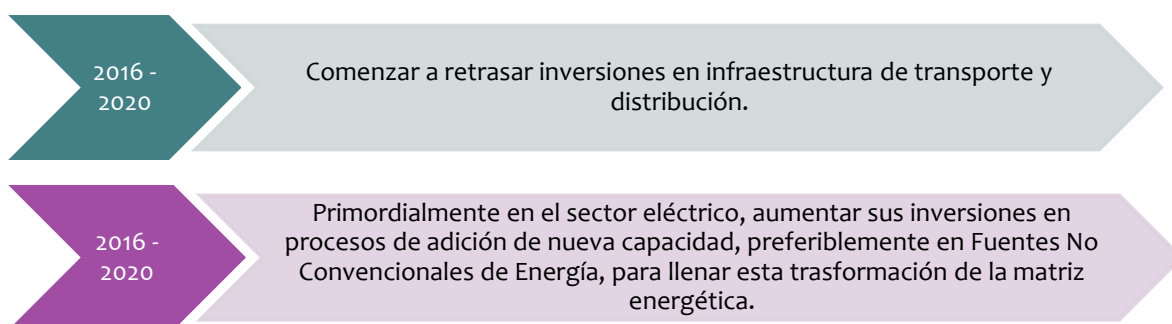


Figura 13 Esquema de la trayectoria 2: Escenario Mundo Eléctrico CP – Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia

4.1.2.2.2 Acciones Mediano Plazo 2021-2030

Comienza la desaceleración del consumo de hidrocarburos. De la Tabla 5.3 del PEN 2050, se observan datos como los siguientes: el combustible Diesel pasa 218 PJ en el 2010 a 118 PJ en el año 2030. La gasolina motor pasa 101 PJ en el 2010 a 92 PJ en el año 2030. El petróleo pasa 23 PJ en el 2010 a 109 PJ en el año 2030. Con relación a las acciones del caso base, se desprenderían las mismas acciones adicionales que se definieron para el corto plazo, pero con una mayor intensidad.

4.1.2.2.3 Acciones Largo Plazo 2031-2050

Comienza una verdadera disminución del consumo de hidrocarburos. De la Tabla 5.3 del PEN 2050, se observan datos como los siguientes: el combustible Diesel pasa 218 PJ en el 2010 a 0 PJ en el año 2030. La gasolina motor pasa 101 PJ en el 2010 a 0 PJ en el año 2050. El petróleo pasa 23 PJ en el 2010 a 1 PJ en el año 2050. Con relación a las acciones del caso base, se desprendería las siguientes acciones adicionales:



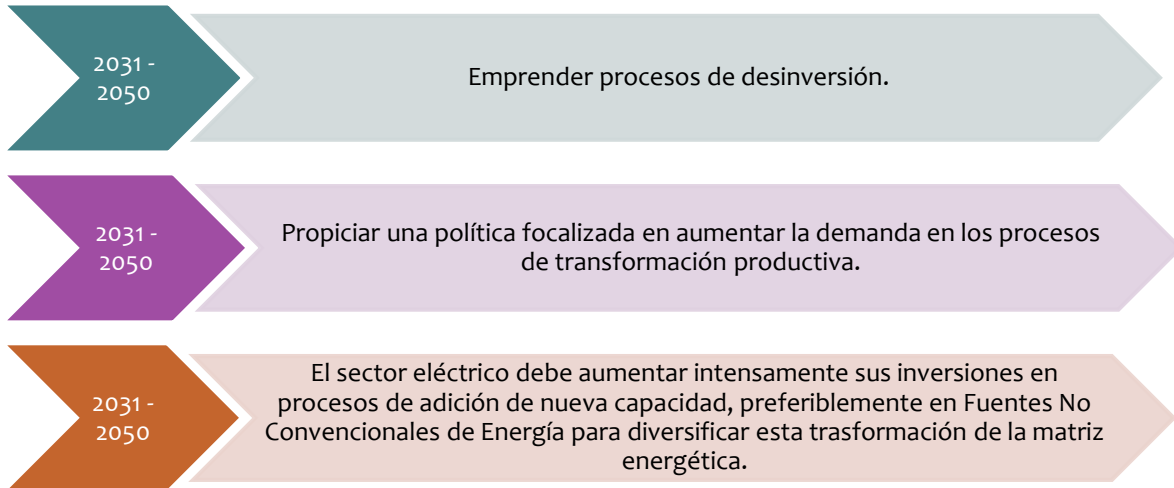


Figura 14 Esquema de la trayectoria 2: Escenario Mundo Eléctrico LP – Sector Petróleo

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Análisis de las Trayectorias del Sector Petróleo

El análisis de trayectorias del sector petróleo incluye considerar la variación de la demanda para los diferentes escenarios, tal como se muestra en la siguiente tabla. Se observa como la tendencia de los escenarios es la reducción del consumo de petróleo.

Tabla 7 Consumo de Petróleo según escenarios alternativos del PEN 2050

Fuente: UPME. PEN 2050, 2015.

	2020						2030					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	512	466	411	369	369	422	662	532	459	321	321	475
Consumo procesos	825	759	656	668	561	700	1082	757	757	665	503	847
Consumo Total	1337	1225	1068	1037	931	1122	1744	1289	1216	985	823	1322
Diferencia porcentual con respecto al escenario base												
Consumo Final		-9%	-20%	-28%	-28%	-17%		-25%	-40%	-67%	-67%	-36%
Consumo Procesos		-8%	-20%	-19%	-32%	-15%		-39%	-39%	-51%	-70%	-29%
Consumo Total		-8%	-20%	-22%	-30%	-16%		-34%	-39%	-57%	-69%	-32%

	2050					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	1001	726	661	1	1	687
Consumo Procesos	1507	1074	1105	658	9	1209
Consumo Total	2509	1800	1766	660	10	1897
Diferencia porcentual con respecto al escenario base						



Consumo Final		-54%	-67%	-195%	-195%	-61%
Consumo Procesos		-52%	-49%	-103%	-182%	-36%
Consumo Total		-53%	-56%	-138%	-187%	-46%

Se han identificado dos trayectorias, la primera de esta aplica para los escenarios base, T1, T2 y eficiencia energética del PEN 2050 y la segunda aplica para Mundo Eléctrico.

En el caso de la trayectoria 1, se propone mantener los proyectos de producción sobre los cuales se venía explotando el millón de barriles promedio diario, tomando en cuenta los costos de producción y el precio internacional del crudo. Es claro que el mayor porcentaje de este crudo va para exportaciones.

Se debe potencializar la demanda por energético en los procesos de transformación productiva, acompañado de una gestión de eficiencia energética que traduce en temas como ser más selectivos en el momento de definir los proyectos a ejecutar, suspender proyectos con economías marginales, realizar análisis continuo de precio vs rentabilidad de los activos (suspensión temporal de proyectos que no lleguen a cumplir los criterios establecidos), direccionar esfuerzos para seguir reduciendo los precios de equilibrio de los campos petroleros, implementar la revisión y optimización de procesos operativos en toda la cadena.

Dentro de la gestión del riesgo, se deben direccionar las inversiones hacia activos y tecnologías con menores riesgos técnicos y económicos, así mismo debe promoverse la incorporación nuevos inversionistas, por medio de alianzas, por ejemplo público privadas, que permitan incorporar nuevas tecnologías, como las de *shale oil* y las de offshore, capacidades operacionales y diversificación del riesgo financiero.

Con respecto a las acciones propuestas a mediano plazo, la gestión al desarrollo del valor compartido debe estar enfocada a la existencia de mecanismos de participación ciudadana temprana y eficiente y el sistema tributario en Colombia debe permitir proponer cambios en algunas áreas, ya sea para mejorar la competitividad o para optimizar los ingresos del petróleo por parte del gobierno.

Para el largo plazo, el incremento de las actividades de exploración y explotación, tanto de convencionales como no convencionales, deben estar direccionadas al consumo interno, sin olvidar la vocación exportadora del sector.

La gestión al desarrollo del valor compartido, debe considerar, además de lo descrito en el mediano plazo, la participación ciudadana que influya en los planes y políticas de los proyectos.

En cuanto a la eficiencia energética se deben potencializar los ítems desarrollados en el mediano plazo. En la Tabla 8 se presenta en resumen de las acciones a cometerse en los tres plazos estudiados.



Tabla 8 Fases de Desarrollo para el Escenario Base

Fuente: elaboración propia

	2016-2020	2021-2030	2031-2050
Consumo alcanzado según PEN 2050 (Tablas 5.3 y 5.5)			
	1840 PJ	2229 PJ	2653 PJ
Exploración y explotación de nuevos yacimientos	Desarrollar estrategias y planes de acciones.	Agilizar la formalización de yacimientos no convencionales en los aspectos: regulatorios, ambientales, fiscales, entre otros.	Acrecentar las actividades en yacimientos no convencionales, por medio de un mayor consumo interno sin olvidar la vocación exportadora del sector.
	Mantener los esfuerzos de desarrollo de los campos actuales y fortalecer procesos de recobro, lo que significa mantener los proyectos de producción sobre los cuales se venía explotando el millón de barriles promedio diario, a pesar de los bajos niveles de precio del petróleo. Es claro que el mayor porcentaje de este crudo va para exportaciones.		
Exportación		Acrecentar las exportaciones de petróleo.	Intensificar aún más las exportaciones de petróleo y de productos con valor agregado.
Aumento del consumo	Aumentar el consumo ligado al aumento de la eficiencia en su uso.		
	Potencializar la industria basada en el uso del petróleo y sus derivados. Esto es, potencializar la demanda por energético en los procesos de transformación productiva.		
Eficiencia en la operación	Realizar una gestión eficiente de la operación.	Buscar la eficiencia energética de Ecopetrol: esto se traduce en temas como ser más selectivos en el momento de definir los proyectos a ejecutar, suspender proyectos con economías marginales, realizar análisis continuo de precio vs rentabilidad de los activos (suspensión temporal de proyectos que no lleguen a cumplir criterios establecidos), direccionar esfuerzos para seguir reduciendo los precios de equilibrio de los campos petroleros, implementar la revisión y optimización de procesos operativos en toda la cadena.	Alcanzar la eficiencia energética de Ecopetrol: con una mayor potencialización de los ítems desarrollados en el mediano plazo.



	2016-2020	2021-2030	2031-2050
Marco tributario	Desarrollar un marco tributario que permita contar con un sistema de impuestos en Colombia que sea competitivo y que optimice la participación de los ingresos del petróleo en la tributación nacional.	Contar con un sistema tributario en Colombia que sea competitivo, que permita proponer cambios en algunas áreas, ya sea para mejorar la competitividad o para optimizar los ingresos del petróleo por parte del gobierno.	Contar con un sistema tributario en Colombia que sea competitivo y progresista.
Oleoductos y poliductos		Aumentar la red de distribución de petróleo.	Continuar el proceso de ampliación de la red de distribución de petróleo
		Implementar de manera sistemática infraestructura crítica.	
Mejoramiento de la cadena de valor		Desarrollar toda la cadena de valor del sector de hidrocarburos	Intensificar el desarrollo de toda la cadena de valor del sector de hidrocarburos.
Inversión		Aplicar incentivos para la inversión.	Establecer un marco legal y normativo robusto dando seguridad a los inversionistas y garantizando el suministro.
Gestión del Riesgo		Realizar la gestión del riesgo, direccionando las inversiones hacia activos y tecnologías con menores riesgos técnicos y de ejecución e incorporando socios y alianzas que permitan concentrar nuevas tecnologías, capacidades operacionales y diversificación del riesgo financiero.	Mayor gestión del riesgo de una manera integral que involucre los temas operativos, de inversión y financieros de forma sistémica.
Información		Desarrollar mecanismos de información, eficientes y confiables, por ejemplo a través de un sistema único gestionado por la UPME, que funcione de forma normativa.	Desarrollar mecanismos de información, eficientes y confiables.
Talento Humano		Desarrollar el talento humano del sector, por medio de becas y otros incentivos que motiven el estudio y especialización en ingeniería para el sector, desde las etapas más tempranas de estudio en la infancia.	Aumentar el talento humano altamente calificado.
Valor compartido		Realizar gestión al desarrollo del valor compartido: existencia de mecanismos de participación ciudadana temprana y eficiente.	Aumentar la gestión al desarrollo del valor compartido. Adicionalmente a lo descrito en el mediano plazo, participación ciudadana que influya en los planes y políticas de los proyectos.

En cuanto a la trayectoria 2, que aplica al Mundo Eléctrico, se debe considerar en los procesos de desinversión, una salida óptima para que los inversionistas, dueños de infraestructura



actual, recuperen su inversión y cubran sus costos y gastos de AOM, entre otras obligaciones financieras si tuvieran que desinstalar infraestructura.

La política focalizada en aumentar la demanda en los procesos de transformación productiva, en las diferentes industrias que hacen uso del petróleo o sus derivados, debe permitir seguir manteniendo un consumo razonable de forma responsable con el medio ambiente.

4.1.4 Esquema Resumen

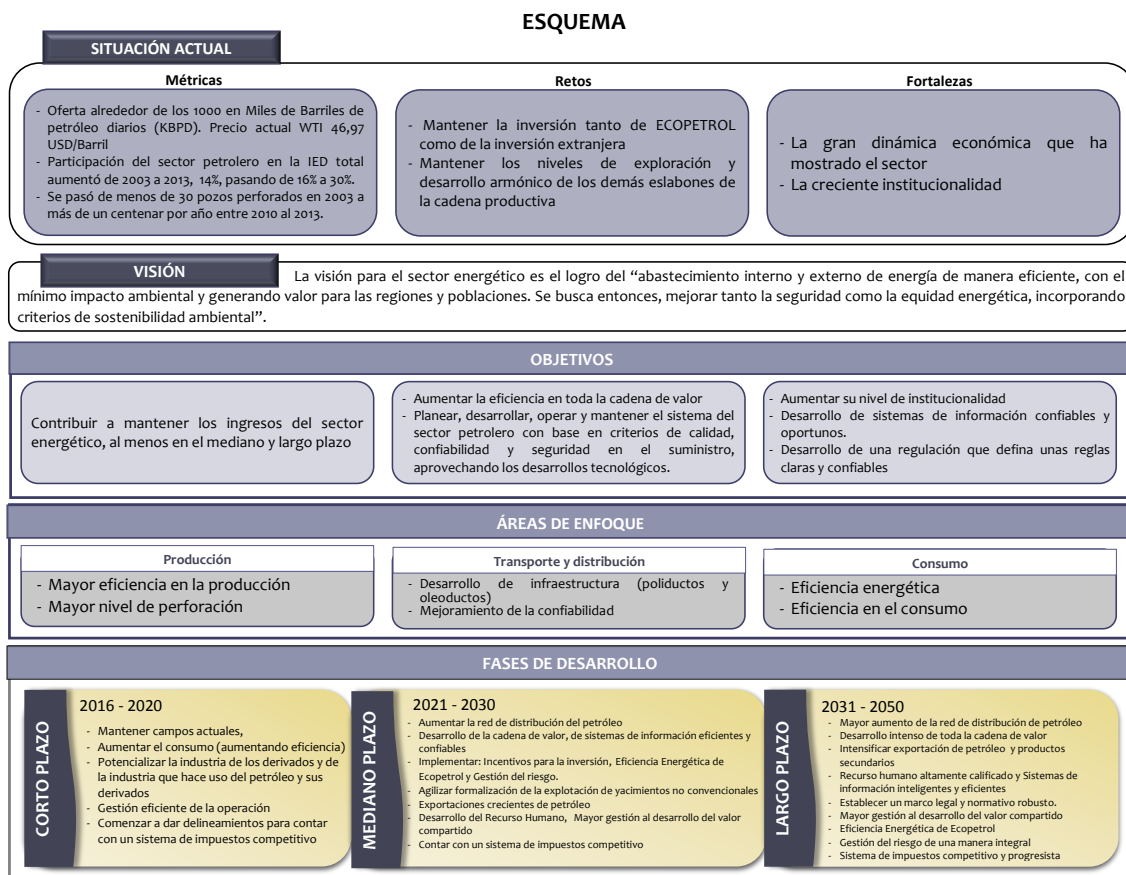


Figura 15 Esquema para la estructuración del mapa de ruta del sector petróleo

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

4.2 Estructuración del mapa de ruta para el sector Gas

Luego de aplicar la metodología de Teoría de Restricciones se encontraron algunas propuestas de cuellos de botella, con el conocimiento de la situación actual o diagnóstico del sector se encontraron algunos retos, y con la consideración de los escenarios del PEN 2050 se definió la visión del sector del gas en Colombia.



La situación actual, sintetiza el diagnóstico del sector desde las métricas, los retos y las fortalezas del sector tal como se presenta a continuación.

4.2.1 Situación Actual Sector Gas Combustible

Según el balance energético de 2012, el gas natural representó el 20.5% del consumo neto de energía primaria y secundaria del país, colocándola como la tercera fuente energética más importante después del petróleo y la electricidad.

En este sentido, existe una alta dependencia entre los hidrocarburos, el gas por ejemplo es utilizado en el proceso de exploración y producción de crudo. Por el lado de la oferta, en muchos casos, la disponibilidad de un campo de gas depende del agotamiento físico del crudo en el mismo campo.

El diagnóstico sobre el sector del gas combustible indica que, la cercanía entre la oferta y la demanda se ha materializado, lo cual implica que, ingreso de nuevos proyectos de suministro como la planta de regasificación y expansión de la capacidad de transporte, no pueden darse la posibilidad de ser retrasados, pues se prevé un déficit de abastecimiento en el año 2018.

4.2.1.1 Métrica de los fundamentales en el sector gas combustible

Las métricas que definen el diagnóstico del sector del gas se realizó por medio del estado actual de las variables de oferta, demanda y precio a saber.

4.2.1.1.1 La oferta

La reserva de gas en Colombia asciende a los 5.5 Trillones de Pies Cúbicos (TPC) en reservas probadas, 0.51 TPC en probables y 0.39 TPC en reservas posibles (UPME, 2015b).

La producción de gas en el país se encuentra altamente concentrada, el 85% de la oferta nacional proviene de los campos de Ballenas y Chuchupa en la Guajira, así como de Cusiana y Cupiagua en el Casanare.

4.2.1.1.2 Demanda

La distribución de la demanda de gas natural para el año 2014 se presenta en la Figura 13. Se observa que el mayor consumidor es el sector termoeléctrico con el 33%, seguido del sector industrial que representa un 25%, el doméstico con el 18% que agrega residencial y comercial, así como el mismo sector petrolero con un 12%, transporte con el 10% y el petroquímico con el 2%.



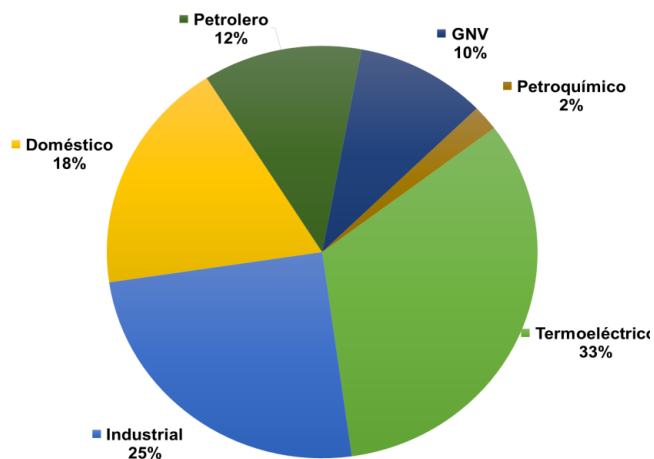
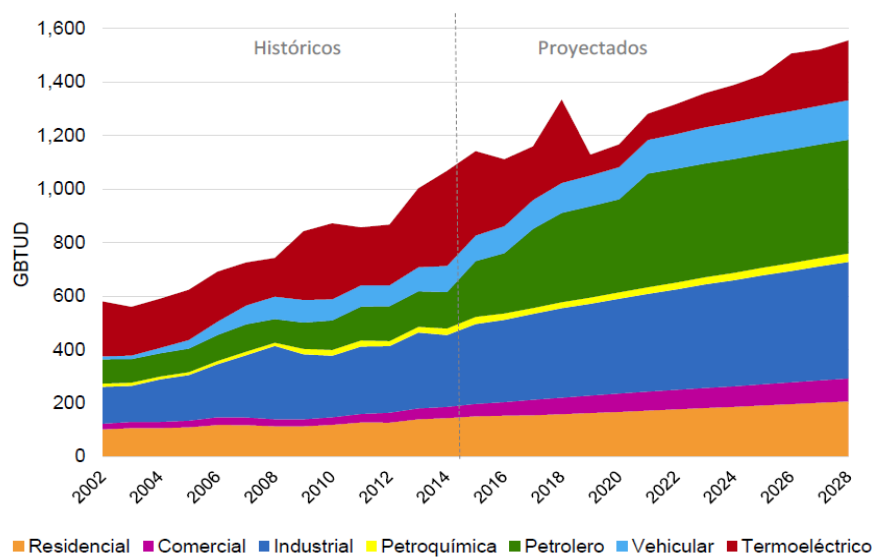


Figura 16 Distribución de la Demanda de Gas por Sectores en 2014

Fuente: UPME, 2015. Balance de Gas Natural. Declaración de los agentes a Mayo de 2015

El crecimiento de la demanda de gas por sectores se puede observar en la Figura 14. Un promedio de crecimiento del 2.8% anual presentaría el sector residencial, 5.4% se estima para el sector industrial, 4.0% correspondería al sector petroquímico y 5% en el sector transporte.



Fuente: UPME, con base en datos de Concentra, CNO-Gas, Ecopetrol y DANE, 2014.

Figura 17 Proyección de la demanda de gas

Citado en UPME, 2015. Plan Indicativo Gas Natural. Abril de 2015

Por su parte, el sector termoelectrico aumentaría cerca de 100 GBTUD hasta el 2018, principalmente por el crecimiento de la generación por seguridad, particularmente en la costa Atlántica. Sin embargo, a partir del 2019 se tendría una reducción significativa de 200 GBTUD, si el ingreso de grandes proyectos hidroeléctricos, que desplazaría generación térmica, se da en el tiempo previsto.



En el caso del sector petrolero, Ecopetrol se considera un caso especial, ya que pasaría de consumir 130 GBTUD a 375 GBTUD en el 2021, según la información reportada por la misma empresa en 2015. Estos incrementos se deben principalmente al ingreso y aumento de consumo en las plantas de refinación de Cartagena, y Barrancabermeja, así como a otros proyectos de la compañía, como es el de generación de energía eléctrica en 2018.

Se hace claridad que el sector petrolero visualizado en la Figura 14, considera la proyección de consumo de Ecopetrol, el cual se presenta de forma detallada en la Figura 15.

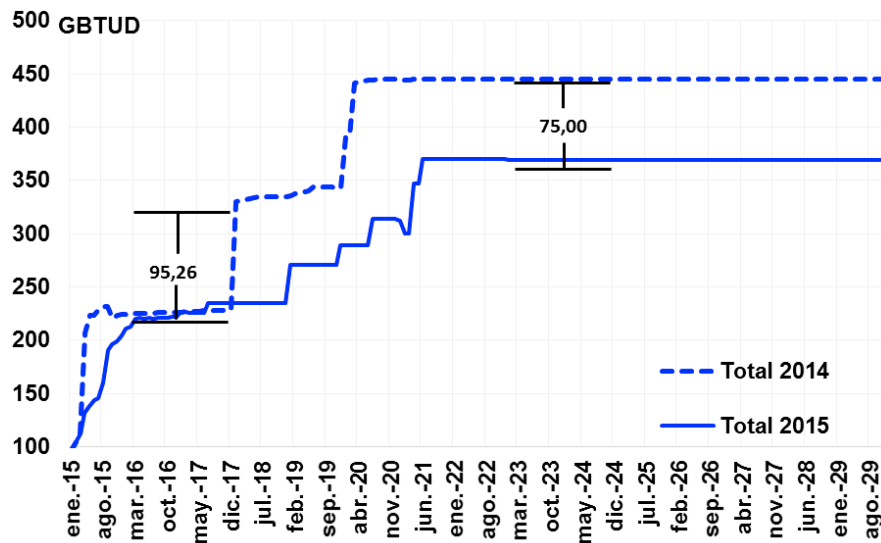


Figura 18 Proyección de demanda de gas natural mensual sector petrolero Ecopetrol.

Fuente: Citado en (UPME, 2015a), con base en datos de Ecopetrol, 2015.

4.2.1.1.3 Margen

Como se observa en la Figura 16, la oferta de gas en 2018 estaría entre 1100 y 1200 GBTUD considerando solamente la declaración de la producción de los agentes a mayo de 2015. Por su parte la demanda para el mismo año presentaría valores medios que se encontrarían por encima de los 1200 GBTUD, lo cual implicaría la presencia del déficit de gas combustible a principios del 2018. Esto significa dos años de abastecimiento a partir de la fecha de elaboración de este informe. Sin embargo, si la planta de regasificación de la Costa Atlántica ingresa en el tiempo estipulado (diciembre de 2016 – Enero de 2017), el problema de abastecimiento se desplazaría hasta el 2023, es decir, 5 años más de pleno abastecimiento.

Debe tenerse presente que, la planta de regasificación tiene destino de suministro definido para las plantas térmicas del país y por tanto, es probable el déficit en otro sector de la demanda de gas, frente a crecimiento del consumo y condiciones de riesgo de abastecimiento por interrupciones en la prestación del servicio, sino se implementan acciones de uso del gas combustible de la planta de regasificación por parte de toda la demanda.



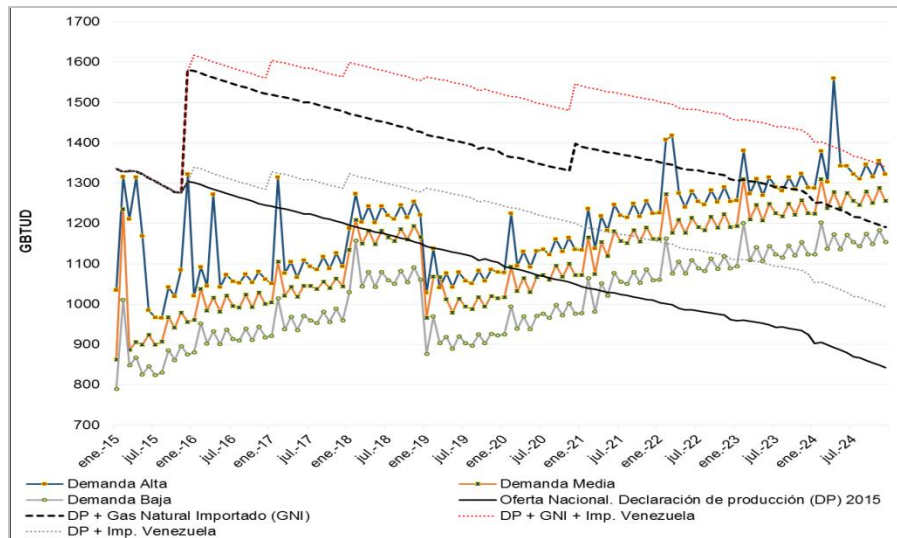


Figura 19 Balance de Gas en Colombia

Fuente: UPME, 2015. Balance de Gas Natural. Declaración de los agentes a mayo de 2015

La situación se evidencia de mayor criticidad, cuando la demanda de gas considerada es la demanda alta, donde inclusive desde finales del año en curso y principios del 2016 se observa déficit de suministro, más aún, bajo la situación actual en la que se encuentra el país por efecto del fenómeno de El Niño, con alta probabilidad de aumentar su intensidad a principios de 2016.

4.2.1.1.4 Precio

Sobre el precio del gas natural en Colombia, se muestra en la Figura 17, que su comportamiento se proyecta siguiendo la tendencia de los precios internacionales, resultante de la situación energética a nivel mundial.

De forma específica, UPME en (2015 b) utilizó para definir el precio “el escenario medio o de referencia parte del precio medio de las negociaciones bilaterales y crece en la misma magnitud como lo hace el escenario de referencia del gas Henry Hub del DOE-IEA, “Annual Energy Outlook 2014”, y desde el año 2017 se adiciona el producto entre precio de importación del índice NBP y el porcentaje del déficit nacional en cada mes, sumados los costos de regasificación y transporte”.

Valores del precio del gas a inicios del 2015 de (4.68 USD/MBTU) son bajos en comparación con los esperados en el largo plazo (12.12 USD/MBTU) en el 2037. Sin embargo, comparados con países vecinos, son precios que en lugar de soportar, limitan la competitividad de las empresas consumidoras del combustible en cuestión.



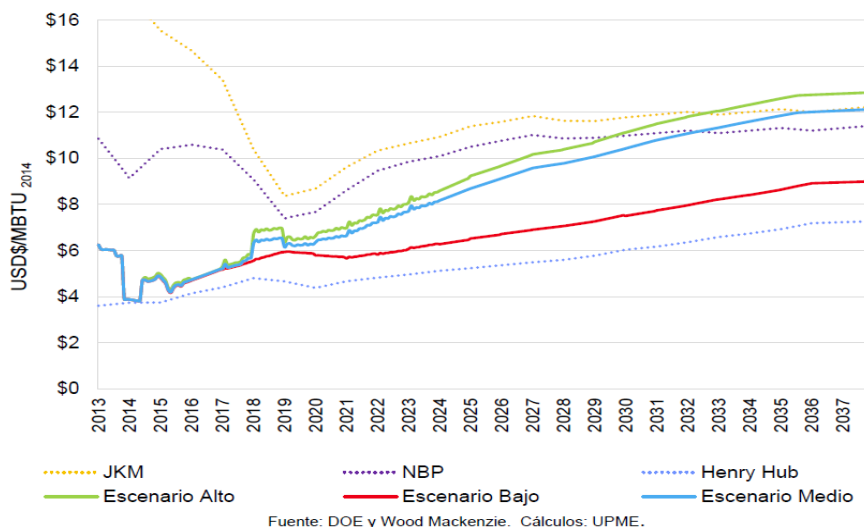


Figura 20 Precio del Gas Natural

Fuente: UPME, 2015. Plan Indicativo Gas Natural. Abril de 2015

Las métricas se pueden resumir en (UPME, 2015):

- Concentración de la Oferta 85% en dos grandes campos
- 33% de la demanda Termoeléctrica
- Déficit en 2018
- Precio 4,68 USD/MBTU

4.2.1.2 Cuellos de Botella en el sector del gas

El listado de cuellos de botella que se han identificado en el sector del gas combustible se presenta a continuación

- Retrasos en el pronunciamiento de las autoridades ambientales.
- Retrasos y altos costos en las negociaciones con la población civil, como las comunidades indígenas y afrocolombianos, entre otros. Bloqueos en las vías y cese de actividades laborales.
- Inestabilidad de los mercados a nivel local e internacional, cambio de condiciones y reglas de juego, por ejemplo a nivel tributario, técnico y operativo.
- Dificultades internas de las entidades públicas en solucionar problemas jurídicos.
- Altos costos de producción y sobrecostos por restricciones.
- Condiciones de dominio que facilitan el ejercicio del poder de mercado.
- La forma de incorporar costos en las tarifas.
- Infraestructura vial insuficiente para el transporte de energéticos y zonas apartadas con difícil acceso.
- Problemas de seguridad, atentados terroristas, voladuras de gasoductos.
- Ausencia de capital humano técnico para las diferentes actividades del sector.



- Ausencia de formación técnica específica en las áreas de conocimiento de interés para el sector.
- Desarticulación entre los diferentes agentes de los mercados de energía.
- Desarticulación entre las diferentes instituciones del sector.
- Capacidad de Transporte insuficiente.
- Mayor tasa de crecimiento de la demanda que la tasa de crecimiento de la oferta, a todo el nivel de las reservas, probadas, probables y posibles.

4.2.1.3 Retos del sector del gas

Los retos que debe enfrentar el sector del gas combustible en los próximos años, fueron clasificados desde un punto de vista nacional y otro internacional.

4.2.1.3.1 Retos a nivel Nacional

Desde el punto de vista nacional se encontraron retos tales como: seguridad y confiabilidad en el suministro, bajo precio del energético, sustitución de parte de los ingresos que provenían del sector petróleo, aumento del consumo en todos los sectores de la demanda, coordinación entre mercados, agilidad en los trámites ambientales y en instituciones públicas, mejoramiento en la capacidad de negociación con las comunidades, garantía en la estabilidad en los mercados, desarrollo de infraestructura que soporte a los eslabones de la cadena de valor del sector, mejoramiento de la seguridad de la infraestructura (acuerdo de paz), uso de nuevas tecnología más eficientes y amigables con el medio ambiente, articulación de la normatividad del sector.

Estos retos nacionales se pueden resumir en:

- Seguridad, confiabilidad y calidad en el suministro.
- Sostenibilidad del sector (técnica, económica, social, ambiental).
- Coordinación entre mercados y sistemas.
- Agregar valor a las comunidades.
- Eficiencia energética.

4.2.1.3.2 Retos a nivel internacional

Desde el punto de vista internacional, el sector de gas combustible requiere afrontar la transformación del sector, repensar los mercados, movilizar inversión, desarrollar factores de atraktividad para el sector, cambiar los direccionadores en consistencia con los lineamientos del sector del gas combustible a nivel internacional.

4.2.1.4 Fortalezas

Las fortalezas que se han identificado en el sector del gas combustible, son aquellas que de un análisis interno sobre el sector se lograron visualizar para aprovechar las oportunidades que los mercados internos y externos ofrecen. En términos generales, las fortalezas encontradas son: la existencia de un mercado en diseño y construcción, la presencia de grandes agentes en el



mercado, bajos precios del energético en comparación con otros energéticos para el mismo uso, el nivel de aprendizaje desarrollado por el mayor productor del país (Ecopetrol).

4.2.1.5 Visión

Se parte de los escenarios del PEN 2050 y del Plan Indicativo de Expansión del Gas Natural en Colombia UPME, 2015 b.

Tomando como base la definición del objetivo de la política energética citada por la UPME en su PEN 2050, “El objetivo general de una política energética debería ser lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones.” Se propone la siguiente visión:

El sector del gas en Colombia para el año 2050 será un sector con abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental posible y generando valor para las poblaciones. Para tal propósito se:

- Aumentará y diversificará la oferta de gas en Colombia por medio de la utilización de tecnologías más eficientes y por medio de la construcción y operación de una planta de regasificación en la Costa Atlántica y otra en la Costa Pacífica con operación dual, con las cuales no solo se podrá importar sino también exportar gas.
- Se garantizará el abastecimiento de gas combustible y la infraestructura asociada mediante la utilización de fuentes de almacenamiento de gas y transporte del mismo por grandes gasoductos, así como una política de abastecimiento de gas natural que integre el GLP.

Los objetivos que permitirían lograr la visión planteada para el sector del gas combustible se presentan a continuación.

4.2.1.6 Objetivos

Los objetivos del sector del gas se presentan en la siguiente tabla

Tabla 9 Objetivos Sector del Gas

Fuente: elaboración propia

Objetivo 5to para el sector energético (PEN 2050)	Mantener ingresos y aportes de regalías	Viabilizar la transformación productiva y la generación de valor	Obtener “shared value”
Traducción al Sector del Gas	Aumentar el nivel de exploración, de reservas y producción. Realizar las actividades del sector de forma eficiente, aumentar el consumo interno y las exportaciones de gas Utilizar tecnología eficiente de forma amigable con el medio ambiente	Aumentar el consumo de gas de forma eficiente en los sectores existentes de demanda, desarrollar nuevos usos del gas natural Desarrollar la industria alrededor del gas y sus diferentes usos Exportar gas en diferentes formas Extraer gas por medios no convencionales	Fortalecer una red de empresas de bienes y servicios alrededor de la industria del gas Desarrollar capacidades y economías en las zonas de influencia de los proyectos de gas Mejorar el sistema de regalías para una asignación eficiente y



			oportuno
--	--	--	----------

4.2.1.7 Áreas de Enfoque

Las partes de la cadena de valor del sector, se identifican como las áreas de enfoque y están relacionadas en la Tabla 13.

Tabla 10 Áreas de Enfoque Sector del Gas

Fuente: elaboración propia

Producción	Transporte	Consumo	Mercado	Soporte
Fuentes no convencionales - Uso del shale gas – Gas de Esquisto	Plantas de almacenamiento (Peak Shaving)	Eficiencia energética	Articulación de los sectores y mercados, producción y transporte	Desarrollar capacidades duras y blandas
Factor de Recobro	Doble dirección para el flujo de gas	Uso de GLP - Transporte	Precios razonables (consumidores, productores y competitividad)	Gestionar conocimiento
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	Desarrollo de infraestructura (gasoductos y compresores)	Mayor uso del gas combustible (sustitución de energéticos, nuevos usos)	Desarrollar mecanismos e incentivos para la inversión	Desarrollar innovación
Gas Natural Importado (GNI)			Estabilidad en las reglas de juego	
Plantas de regasificación duales				

Luego de la consideración de las áreas y temáticas de enfoque, la metodología de estructuración de mapas de ruta definida por la Unión Temporal CIDET-IEB determinan la especificación de las fases de desarrollo en las cuales se pueden lograr los objetivos propuestos desde las temáticas identificadas, es por esto que se presenta a continuación el conjunto de fases de desarrollo encontradas para el sector del gas combustible en cada uno de los tres horizontes de análisis definidos, corto, mediano y largo plazo.

4.2.2 Fases de desarrollo

- Fase I: 2016-2020
 - Desarrollar los proyectos de Plantas de regasificación dual
 - Desarrollo de incentivos para aumentar la capacidad de producción y la de transporte
- Fase II: 2021-2025
 - Desarrollar el uso del gas de esquisto
 - Desarrollo de incentivos para aumentar la demanda
- Fase III: 2025-2050
 - Desarrollar el recurso humano
 - Explotar el gas de esquisto



- Exportar gas combustible

Se presenta en la Figura 18 el resumen de la estructuración del mapa de ruta para el sector del gas combustible en Colombia, desarrollado por la Unión Temporal CIDET-IEB.

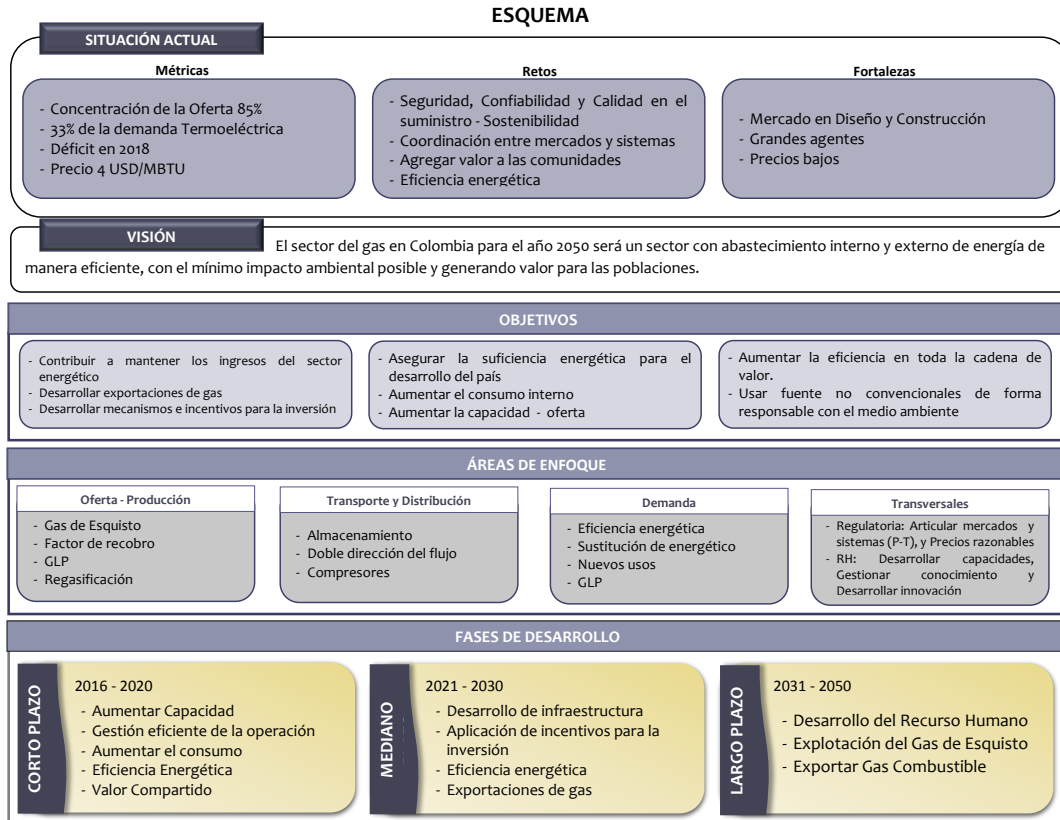


Figura 21 Estructuración del mapa de ruta sector Gas Combustible

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

4.2.3 Trayectorias sector del Gas Combustible

El conjunto de acciones que conforman las trayectorias identificadas se centraron en acciones para la línea base y los escenarios planteados en el PEN 2050.

Definición de la línea base: la línea base de acciones a emprender por el sector energético, específicamente por los interesados del sector gas combustible para soportar el logro del objetivo 5 del PEN 2050 es la siguiente:

- Conjunto de acciones encaminadas a resolver los cuellos de botella.
- Conjunto de acciones encaminadas a lograr los retos propuestos.
- Conjunto de acciones determinadas por el condicionamiento del escenario base del PEN 2050.



4.2.3.1 Escenario tecnológico 1 (T1)

Escenario tecnológico 1 (T1): Parte del escenario base, suponiendo un mayor consumo de gas natural y energía eléctrica, en detrimento del uso de energéticos tradicionales y del carbón mineral. Lo anterior, con el fin de disminuir emisiones de gases de efecto invernadero, además de buscar mayor eficiencia en los procesos industriales.

Del análisis de los diferentes escenarios del PEN 2050 se concluye que el escenario tecnológico 1 es el escenario que considera una mayor participación del gas en el sector del energético. Sin embargo, el conjunto de acciones no son significativamente diferentes para este escenario en comparación con los demás escenarios, el tecnológico 2 (T2), el de eficiencia energética, toda vez que se parte de una línea base, que alivia los cuellos de botella, incluye las acciones para alcanzar los retos propuestos en el sector de gas combustible y conjuga las acciones para el escenario base del PEN 2050 que incluye el desarrollo del gas en buena medida.

El resumen del análisis realizado por el grupo consultor se presenta a continuación en la Figura 19 en la definición de acciones de mejora del sector gas combustible en los tres horizontes de tiempo considerados, corto, mediano y largo plazo.

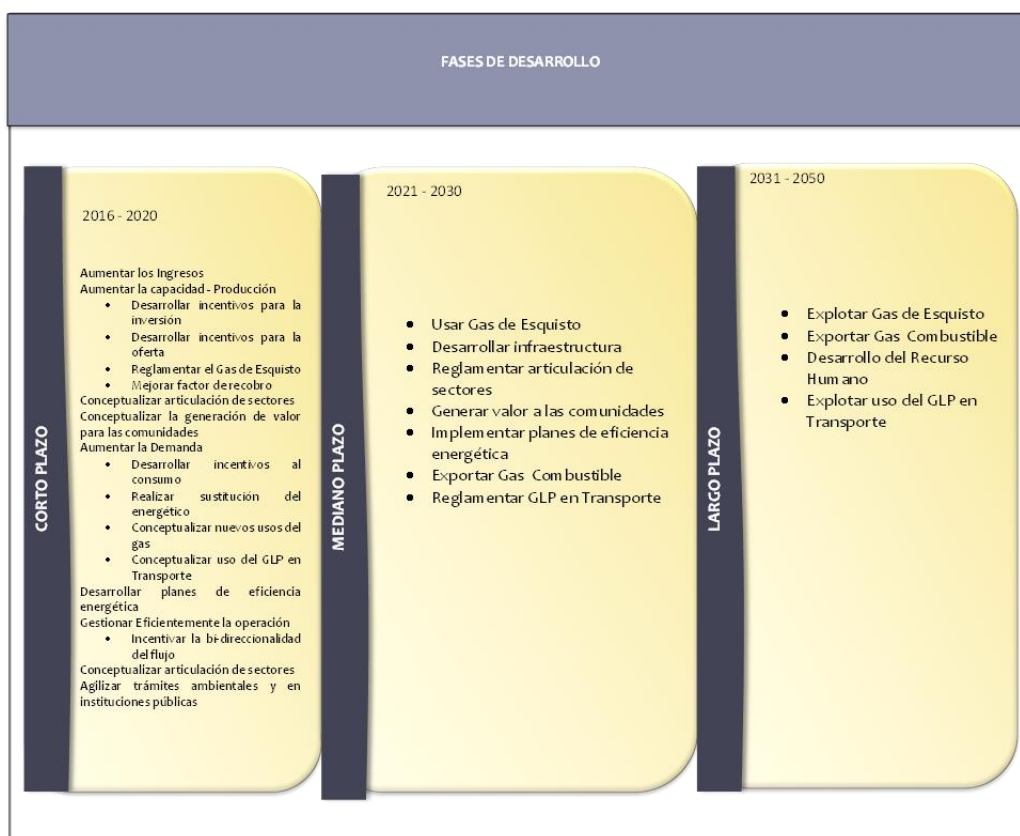


Figura 22 Estructuración de acciones de mejora para la conformación de las trayectorias

Fuente: elaboración propia



4.2.4 Análisis de las Trayectorias

En el sector del gas combustible, con foco de atención el logro del objetivo 5 del PEN 2050 y bajo las expectativas de resolución de los cuellos de botella y alcance de los retos planteados bajo el condicionamiento de los escenarios establecidos, se ha logrado identificar cuatro trayectorias.

En términos de consumo se presenta a continuación las tablas con la información correspondiente teniendo como base el PEN 2050.

Tabla 11 Consumo de Gas según escenarios alternativos del PEN 2050

Fuente: UPME. PEN 2050, 2015.

	2020						2030					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	211	262	245	194	194	191	266	350	324	183	183	231
Consumo procesos	207	207	207	134	207	172	254	254	254	120	254	205
Consumo Total	418	469	452	328	401	363	520	603	578	302	437	436
	Diferencia porcentual con respecto al escenario base											
Consumo Final		24%	16%	-8%	-8%	-9%		40%	28%	-39%	-39%	-17%
Consumo Procesos		0%	0%	-35%	0%	-17%		0%	0%	-65%	0%	-24%
Consumo Total		12%	8%	-22%	-4%	-13%		20%	14%	-52%	-20%	-20%

	2050					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	421	602	576	162	162	321
Consumo Procesos	348	348	348	1	348	268
Consumo Total	769	949	924	163	509	589
	Diferencia porcentual con respecto al escenario base					
Consumo Final		86%	74%	-123%	-123%	-47%
Consumo Procesos		0%	0%	-168%	0%	-39%
Consumo Total		43%	37%	-145%	-62%	-43%

De forma específica cada trayectoria se explica a continuación

4.2.4.1 Trayectoria 1.

Compuesta por el conjunto de acciones que permiten lograr el siguiente objetivo:

- Asegurar la suficiencia energética para el desarrollo del país y contribuir a mantener los ingresos del sector energético.



Esta trayectoria está compuesta por el siguiente conjunto de acciones: aumentar la capacidad, aumentar el consumo interno del combustible, desarrollar infraestructura y consolidar las exportaciones de gas.

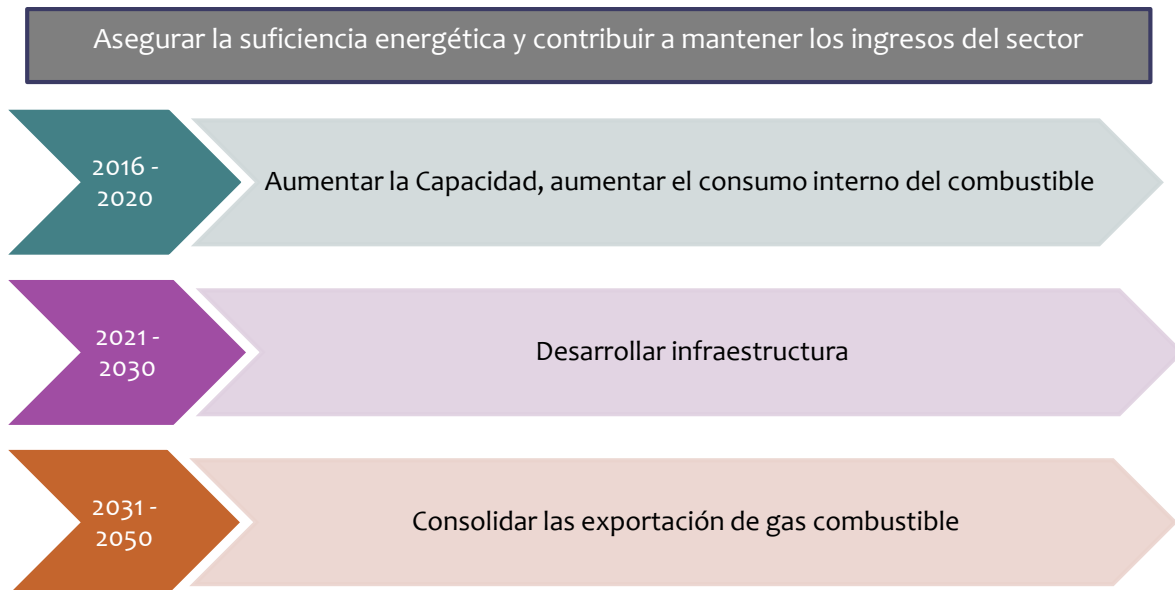


Figura 23 Representación de la Trayectoria 1 sector del gas combustible

Fuente: elaboración propia

4.2.4.2 Trayectoria 2.

Compuesta por el conjunto de acciones que permiten lograr el siguiente objetivo:

- Aumentar la eficiencia energética en todos los eslabones de la cadena de valor, usar fuentes no convencionales con respeto y amigabilidad con el medio ambiente.

Esta trayectoria está compuesta por el siguiente conjunto de acciones: desarrollar los planes de eficiencia energética, esto implica desarrollar el conjunto de programas y proyectos por cada eslabón de la cadena de valor. Se debe considerar: la producción, el transporte, la distribución y consumo, este último en cada uno de los sectores que lo conforman: residencial, industrial, comercial, vehicular, petrolero, termoeléctrico.

La utilización de las fuentes no convencionales como el gas de esquisto es muy prometedora, en este sentido, su desarrollo y explotación bajo la amigabilidad y respeto con el medio ambiente.



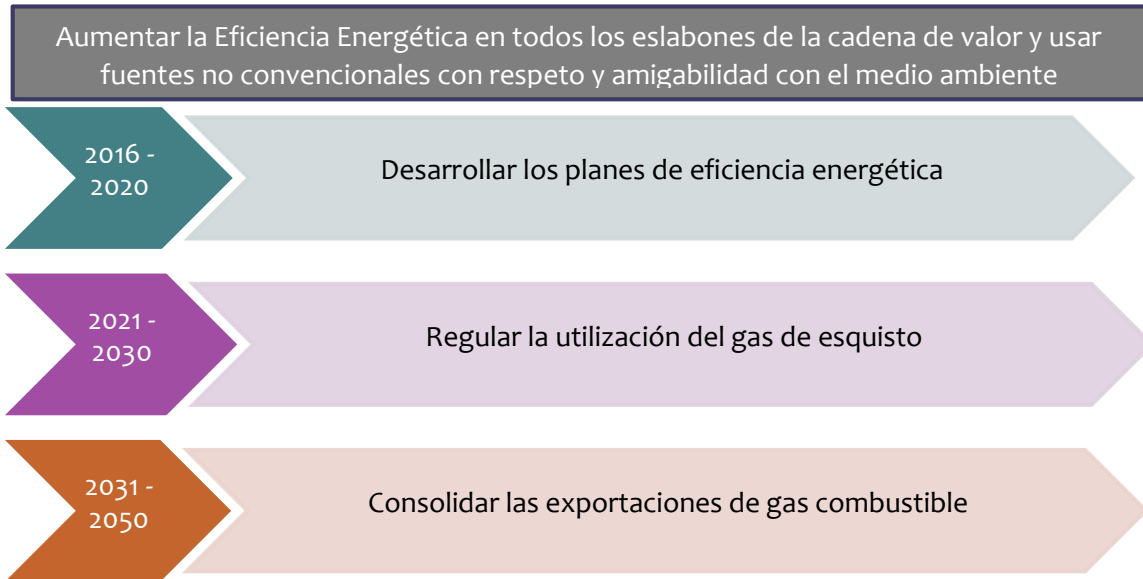


Figura 24 Representación de la Trayectoria 2 sector del gas combustible

Fuente: elaboración propia

4.2.4.3 Trayectoria 3.

Compuesta por el conjunto de acciones que permiten lograr los siguientes objetivos:

Desarrollar mecanismos e incentivos para la inversión, apropiar el concepto de valor compartido

Esta trayectoria está compuesta por el siguiente conjunto de acciones: agilizar los trámites ambientales y en instituciones públicas, conceptualizar y generar valor a las comunidades, reglamentar la articulación entre mercados y entre sistemas.



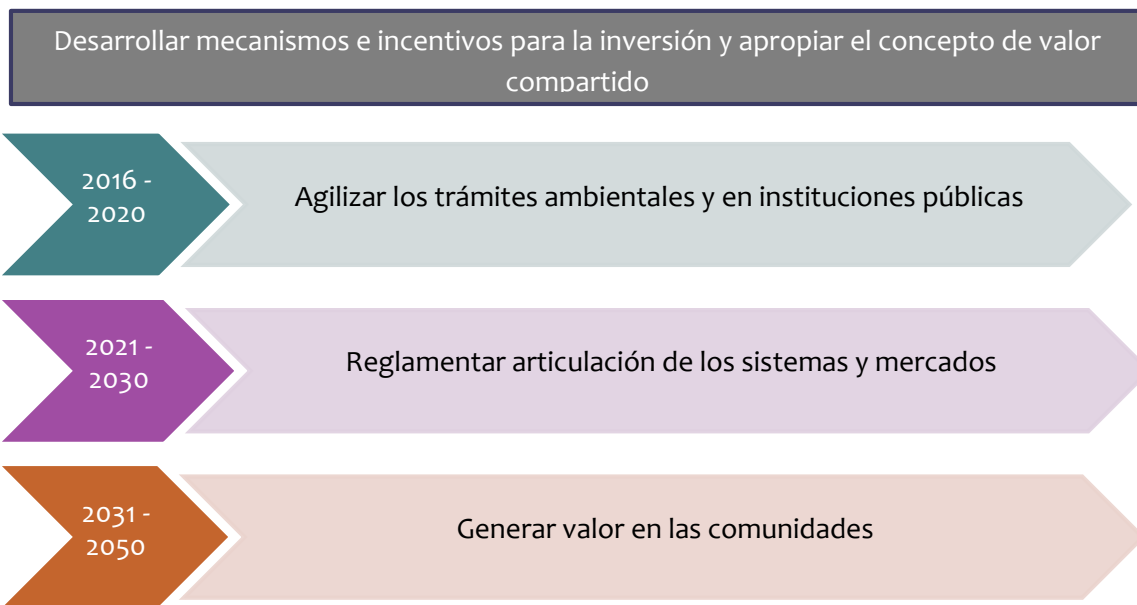


Figura 25 Representación de la Trayectoria 3 sector del gas combustible

Fuente: elaboración propia

4.2.4.4 Trayectoria 4.

Compuesta por el conjunto de acciones que permiten lograr los siguientes objetivos:

Utilizar fuentes no convencionales y específicamente, de energía renovable.

Esta trayectoria nace como resultado de la interrelación entre los diferentes sectores en consistencia con el escenario del PEN 2050 definido como Mundo Eléctrico (ME).

ME es un escenario en el cual, todo el consumo de energía es atendido con electricidad, es decir, sustitución total de combustibles fósiles por renovables y transición a cero (0) emisiones.

Para que un escenario como este llegue a ocurrir, son muchas las sustituciones tecnológicas que deben darse en todos los elementos que conforman el sector energético. Específicamente para el caso del sector del gas combustible, y solo analizando uno de los componentes de la demanda de gas como son los termoeléctricos, deben darse las acciones no solo de sustitución de la generación eléctrica de carácter térmico a base de combustibles fósiles por renovables, sino garantizar la firmeza del sistema frente a condiciones críticas de hidrología, y a la intermitencia de fuentes no convencionales como la solar fotovoltaica y la eólica. Además deben emprenderse acciones encaminadas a garantizar la recuperación de la inversión, en plantas térmicas, utilización del recurso humano que soporta la operación de las compañías termoeléctricas y satisfacer las expectativas de los inversionistas de este sector de demanda termoeléctrica para el largo plazo.



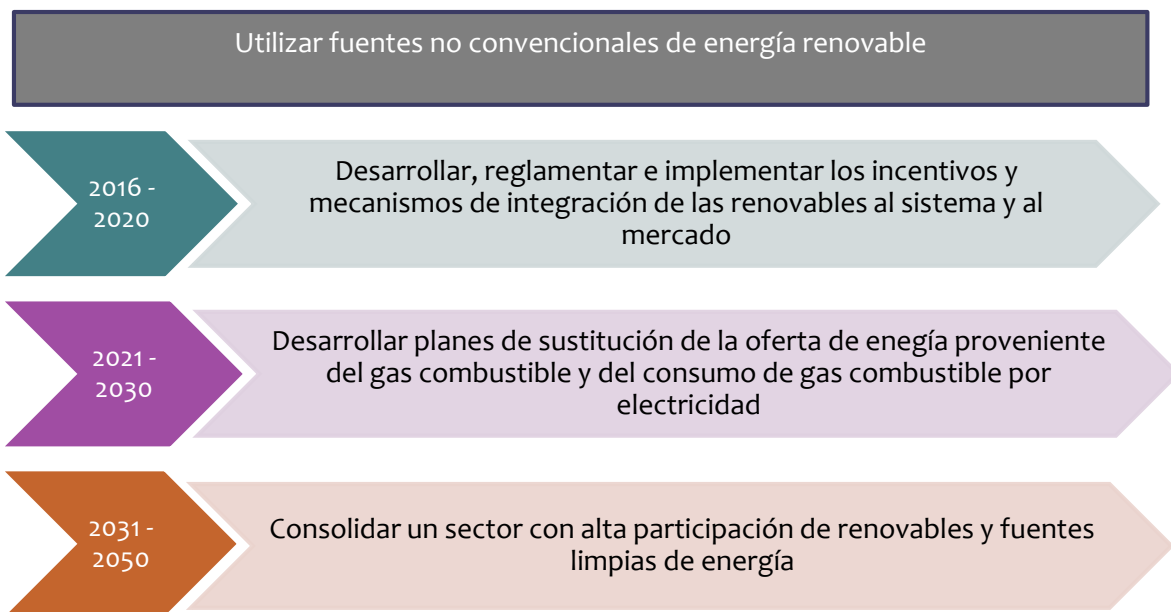


Figura 26 Representación de la Trayectoria 2 sector del gas combustible

Fuente: elaboración propia

4.3 Estructuración del mapa de ruta para el sector Carbonífero

Se presenta a continuación la estructuración del mapa de ruta para el sector carbonífero en Colombia. Primero se identifica y se presenta su situación actual, sus retos, sus fortalezas, su visión, sus objetivos y sus áreas de enfoque. Finalmente se estructura un conjunto de trayectorias para el sector y se proponen variaciones a éstas a partir de los diferentes escenarios de demanda del PEN 2050.

4.3.1 Situación actual del sector del carbón

La minería de carbón en Colombia es un sector de una definida vocación exportadora en tanto la mayor parte de su producción está destinada al mercado internacional. Esto es posible porque, a diferencia de los demás energéticos, la producción de carbón excede varias veces el consumo en el país. Sucede que mientras la producción del sector ha crecido en las últimas dos décadas a una tasa del 10.6% anual en promedio, pasando de 25.740.000 en 1995 a 88.500.000 millones de toneladas en 2014, para este mismo año el consumo interno de carbón fue apenas de 5.600.000 toneladas según datos FENALCARBON.

El hecho fundamental que caracteriza a esta industria minera es la relación inversa que existe entre la concentración de las reservas y la concentración de los agentes mineros. Más del 80% de las reservas naturales del mineral se encuentran contiguas al norte del país en los departamentos del Cesar y la Guajira, y allí son explotadas por 3 grandes empresas, Cerrejón,



Drummond y Prodeco, que son responsables del 75% de la producción total de carbón realizada durante los últimos 10 años. El restante 20% de las reservas son explotadas por una cantidad varias veces mayor de agentes y se encuentran mucho más dispersas en el territorio. Por otra parte, cabe destacar que las reservas de Colombia son grandes en comparación a su producción actual, puesto que, dejando constante el nivel de producción al año 2014, las reservas se acabarían en 70 años.

4.3.1.1 Métricas del sector del carbón

- Colombia exporta más 90% de su producción.
- Colombia produjo 89 millones de toneladas en 2014. Su producción es más de diez veces su consumo.
- En 2013 el sector carbón hizo aportes de 1.3 billones de pesos al sistema general de regalías
- En 2013 el 9% de la generación de energía eléctrica de Colombia se hizo a partir de carbón.

4.3.1.2 Cuellos de botella del sector del carbón

Los cuellos de botella identificados en el sector carbón son los siguientes

- Dosificada demanda interna.
- Insuficiente oferta de servicios portuarios para la exportación de los carbones del interior.
- Insuficiente infraestructura de transporte para hacer rentable la exportación del carbón del interior.
- Retrasos en el pronunciamiento de las autoridades ambientales.
- Retrasos y altos costos en las negociaciones con la población civil, como las comunidades indígenas y afrocolombianos entre otros.
- Bloqueos en las vías y cese de actividades laborales.
- Inestabilidad y reducción de los precios internacionales del carbón.
- Altos costos de extracción en la minería de pequeña escala.
- Condiciones de dominio que facilitan el ejercicio del poder de mercado.
- Problemas de seguridad
- Competencia con minería ilegal y artesanal
- Ausencia de formación técnica específica y especializada en las áreas de conocimiento de interés para el sector como son las nuevas tecnologías de producción eficiente y captura de carbono.
- Desarticulación entre los diferentes agentes de los mercados de energía.
- Desarticulación entre las diferentes instituciones del sector.
- Capacidad de Transporte insuficiente.
- Alta dependencia de la demanda internacional, cada vez más reducida.



4.3.1.3 Retos del sector del carbón

Mientras las grandes mineras del norte del país tienen seguridad de que su ingreso va a ser suficiente para cubrir sus costos de operación y de nuevas inversiones, las pequeñas mineras de las otras zonas del país no. Por la débil demanda interna que consume de manera dosificada no puede haber un flujo continuo de mercancía desde las unidades mineras hacia los consumidores internos y tampoco actividad constante en mina. Por otra parte, si bien esta zona produce carbón de tipo metalúrgico que goza de buenos precios internacionales, la falta de infraestructura de transporte e insuficiente oferta de servicios portuarios aumenta los costos a tal punto que la remuneración que reciben los agentes mineros en ocasiones no deja margen de ganancia. Lo anterior configura un panorama difícil para el agente productor y por ello el reto para este sector es entonces viabilizar la actividad de las unidades mineras en todo las zonas del país.

Para las grandes mineras se configura un reto en el ámbito de la generación de bienestar social. Esto tiene fundamento en experiencias como la del departamento de la Guajira donde la situación generalizada de pobreza no mejoró de manera considerable después de que se iniciara la extracción de carbón a gran escala y esto hace que esta actividad se perciba como un enclave económico.

4.3.1.4 Fortalezas

En esta primera revisión del sector se encuentra con que el país tiene ventajas para poner su producción en el mercado internacional porque:

- La explotación de la mayoría de sus reservas se puede ofertar a precios comparativamente bajos en el mercado internacional, porque se localizan cerca al mar y se pueden extraer con tecnologías de bajo costo.
- Las cualidades naturales del carbón colombiano lo hacen un producto premium, de alta calidad, dentro del mercado internacional.

4.3.1.5 Visión

Se propone que el sector carbonífero acoja la visión que para el sector energético propone el PEN 2050 de la siguiente manera:

El sector del carbón en Colombia para el año 2050 será un sector que abastece la demanda interna y externa de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental posible a través de su cadena de producción, que adiciona valor y asegura bienestar y desarrollo a las regiones y poblaciones.

4.3.1.6 Objetivos

Los objetivos que soportan llevar el sector carbón a la visión planteada y a aportar a la consecución del objetivo 5 del PEN 2050 para el sector energético, se presentan en la

Tabla 12.



Tabla 12 Objetivos sector carbonífero

Fuente: elaboración propia

Objetivo 5to para el sector energético (PEN 2050)	Mantener ingresos y aportes de regalías	Viabilizar la transformación productiva y la generación de valor	Obtener “shared value”
Traducción al Sector del Carbón	Aumentar la cantidad y la capacidad de exportación de carbón de tal manera que el ingreso sea por lo menos igual al logrado en 2014.	Aumentar el consumo interno de carbón a través de la expansión o creación de industrias que lo tengan como insumo energético en su proceso productivo, o lo transformen y le adicionen valor.	Fortalecer una red de empresas de servicio alrededor de la industria de extracción de carbón.

4.3.1.7 Áreas de Enfoque

Las partes de la cadena de valor del sector, se identifican como las áreas de enfoque y están relacionadas en la Tabla 13.

Tabla 13 Áreas de Enfoque sector Carbonífero

Fuente: elaboración propia

Producción	Acopio	Transporte	Entrega	Soporte
Implementación Tecnológica en las grandes y pequeñas explotaciones.	Fomento a los servicios de comercialización	-Inversión en la red vial del interior del país. -Regularidad en la oferta de servicios de transporte. -Navegabilidad de los ríos. -Vías férreas.	-Déficit de oferta de servicios portuarios para los carbones del interior. -Fomento a la transformación productiva	-Diseño del sistema general de regalías. -Metodología de los procesos de consulta con comunidades

4.3.2 Fases de Desarrollo

Se presentan a continuación acciones diferidas en el tiempo para cumplir los objetivos propuestos al sector desde las áreas de enfoque definidas en el numeral anterior.

- Fase I: 2016-2020
 - Pavimentar la red terciaria de la zona central del país.
 - Lograr la navegabilidad del río Magdalena para el transporte de carga
 - Elaborar modelos de negocio que permitan la creación de una nueva industria que transforme y adicione valor al carbón.
 - Fomentar los servicios de comercialización y asegurar la oferta de transporte para el carbón interno



- Coordinar los esfuerzos de las industrias del gas, carbón, petróleo y energía eléctrica alrededor de formar y fortalecer una red proveedores de servicios

- Fase II: 2021-20230
 - Expandir la red férrea del norte hasta el centro del país.
 - Lograr un volumen de exportaciones de 125 millones de toneladas anuales
 - Aumentar la generación de energía eléctrica a partir de carbón en 50%.
 - Desarrollo y apertura de una nueva industria que transforme y adicione valor al carbón
 - Lograr establecer una red local de proveedores de servicios de talla mundial para al sector minero-energético

- Fase III:2030-2050
 - Completar una vía férrea que atraviese la zona central.
 - Lograr un volumen de exportaciones de 150 millones de toneladas.
 - Aumentar la generación de energía eléctrica a partir de carbón en un 100%

En el siguiente esquema se resume todo lo desarrollado anteriormente para el sector carbón.



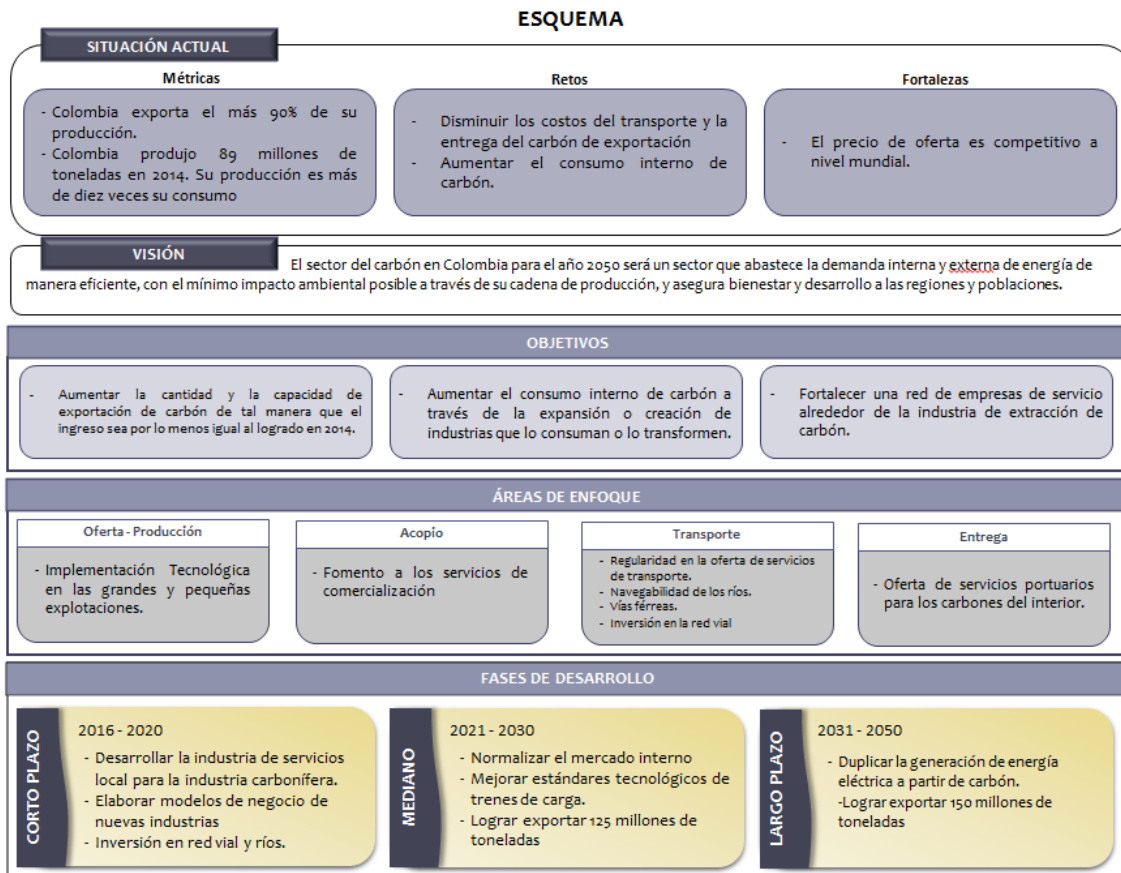


Figura 27 Esquema mapa de ruta Carbón

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

4.3.3 Definición de trayectorias

A continuación se establece un conjunto de acciones diferidas en el tiempo para lograr alcanzar los objetivos presentados en el numeral anterior y otras metas adicionales que surgen de los escenarios del PEN 2050. Estos últimos son cinco ejercicios de proyección del consumo energético de Colombia desde 2010 hasta 2050.

En esta sección se construye las trayectorias principales con base en la proyección del escenario base. Luego en la siguiente sección se hace un comparativo con las proyecciones propuestas por los otros escenarios para establecer así, cuales cambios en las trayectorias principales se hacen necesarios.

Dentro del escenario base se toma como supuesto que el aporte de cada energético, exceptuando los de energía eléctrica y gas, mantiene la tendencia de crecimiento observada en el Balance Energético Nacional del año 2012. En concreto de 2010 a 2050 el carbón duplicará su aporte energético a los usuarios finales pasando de 49 a 97 PJ en el mismo periodo de tiempo, pero comparativamente esto significa que mantendrá la misma importancia del 2010, es decir 4-5% de la energía total consumida por dichos usuarios. Por otra parte su aporte energético a los



procesos de transformación casi se triplicará, pasará de 142 a 407 PJ y así su participación comparativa pasará del 12% al 15% de la energía total consumida en estos procesos. En síntesis, de 2010 a 2050 el carbón pasará de hacer un aporte energético de 191 PJ a 504 PJ, lo que significa un crecimiento total de 164%.

Diferidos en el tiempo, los niveles de consumo interno total del carbón según este escenario, se presentan en la Tabla 14. En paréntesis se muestra el crecimiento porcentual que se alcanza en cada periodo de tiempo y el período inicial es 2014-2020.

Tabla 14 Proyección de Consumo interno Sector Carbón

Fuente: elaboración propia

AÑO	2020	2030	2050
CONSUMO INTERNO TOTAL DE CARBON (PJ)	221(9.1%)	312(41.2%)	504(61.5%)
CONSUMO INTERNO USUARIO FINAL	47	60	97
CONSUMO INTERNO P. TRANSFORMACIÓN	174	252	407

Teniendo en cuenta estos órdenes de magnitud y los objetivos para el sector carbón que se derivan del objetivo número 5 del PEN 2050, se construyeron las siguientes trayectorias.

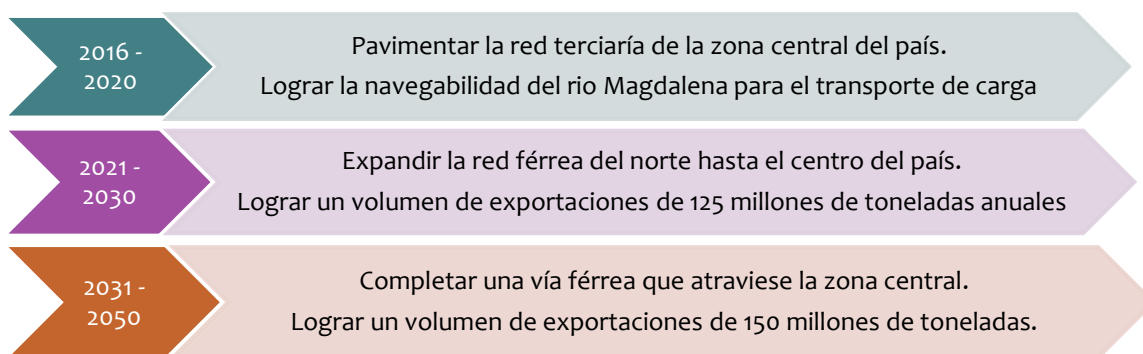


Figura 28. Esquema de Trayectoria -- Aumentar cantidad y capacidad de exportación

Fuente: elaboración propia



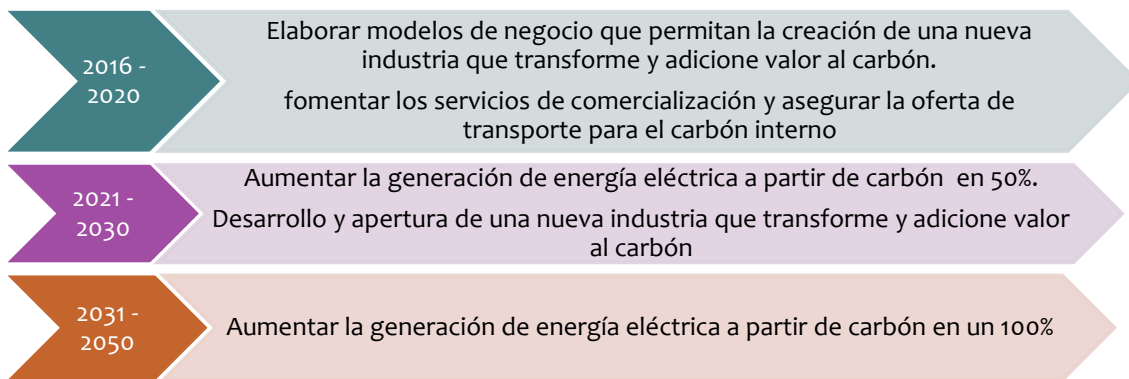


Figura 29 Esquema Trayectoria - Aumentar el consumo interno de carbón

Fuente: elaboración propia

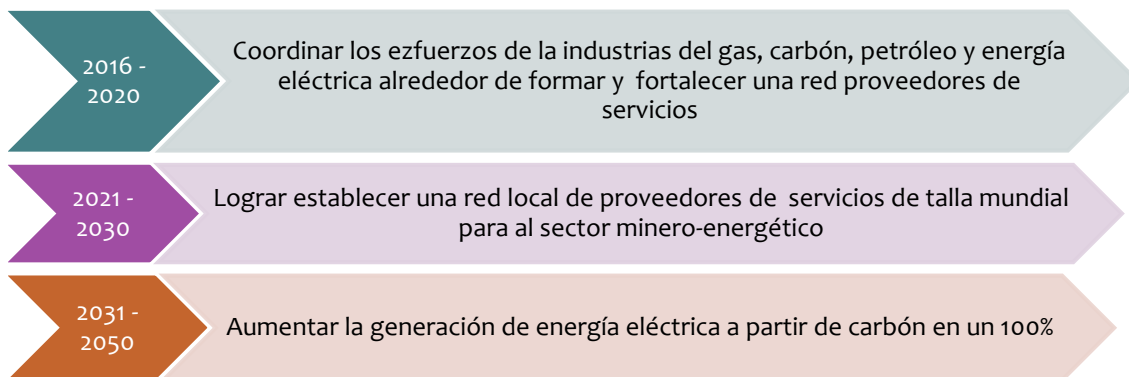


Figura 30 Esquema Trayectoria - Fortalecer red proveedores de servicios

Fuente: elaboración propia

4.3.4 Análisis de trayectorias

El objetivo de esta sección es incorporar las previsiones de demanda realizadas en los escenarios alternativos del PEN 2050 al análisis y determinación de las trayectorias propuestas en la sección anterior.

Teniendo en cuenta que los escenarios alternativos son variaciones con respecto al escenario base, ahora se presenta en la Tabla 15, la comparación entre los niveles de consumo propuestos en cada uno de ellos para el carbón.

Tabla 15 Consumo de Carbón según escenarios alternativos del PEN 2050

Fuente: UPME. PEN 2050, 2015.



	2020						2030					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	47	18	17	14	14	51	60	17	17	11	11	76
Consumo procesos	174	174	163	163	155	136	252	252	256	256	169	206
Consumo Total	221	192	180	177	169	187	312	269	273	267	180	282
Diferencia porcentual con respecto al escenario base												
Consumo Final		-62%	-64%	-70%	-70%	9%		-72%	-72%	-82%	-82%	27%
Consumo Procesos		0%	-6%	-6%	-11%	-22%		0%	2%	2%	-33%	-18%
Consumo Total		-13%	-19%	-20%	-24%	-15%		-14%	-13%	-14%	-42%	-10%

	2050					
	B	T1	T2	ME	ME FNCE	EE
Consumo Final	97	10	10	3	3	161
Consumo Procesos	407	407	513	513	200	394
Consumo Total	504	417	523	516	203	555
Diferencia porcentual con respecto al escenario base						
Consumo Final		-90%	-90%	-97%	-97%	66%
Consumo Procesos		0%	26%	26%	-51%	-3%
Consumo Total		-17%	4%	2%	-60%	10%

Leyenda: B= Base, T1= Tecnológico 1, T2= Tecnológico 2, ME = Mercado Energético, EE=Eficiencia Energética, ME FNCE= Mercado Energético Fuentes No Convencionales de Energía

De la Tabla 15 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En el corto plazo en todos los escenarios alternativos hay una reducción del consumo total con respecto al escenario base. Se observa que, con excepción de los escenarios EE y T1, este resultado se debe a una fuerte reducción en el consumo final y una leve reducción en el consumo de procesos productivos. El escenario EE es un caso particular donde hay un aumento leve en el consumo final pero una reducción intermedia del consumo de procesos. En conclusión, en este periodo de tiempo se debería considerar una acción diferente para el consumo interno (no se requiere promover el encadenamiento ni aumentar el consumo de procesos).
- En el mediano plazo el consumo total sigue siendo menor en todos los escenarios alternativos. Esto porque existe un consumo para usuarios finales mucho menor en todos con excepción del escenario EE que presenta un diferencial positivo intermedio en este rubro y porque el consumo de procesos es prácticamente igual al base en los



escenarios alternativos T1, T2 y ME, y tiene un diferencial negativo intermedio en los escenarios ME FNCE y EE.

- En el largo plazo no hay conclusión global. Por una parte el escenario ME FNCE presenta el mayor diferencial negativo en el consumo total, a partir de un consumo final y de procesos muchos menores. El escenario T1 también tiene un diferencial negativo pero intermedio a partir de un consumo final mucho menor y un consumo de procesos igual. Los escenarios T2 y ME con respecto al base presentan un consumo total muy parecido, un consumo de procesos con un diferencial positivo intermedio y un consumo final mucho menor. El escenario EE tiene el mayor diferencial positivo en el consumo total con respecto al base, a partir de un consumo final mucho mayor y un consumo de procesos levemente menor.

Por otra parte, al hacer la comparación entre los escenarios se encuentra que el escenario base presenta la previsión más alta de consumo de carbón en el corto y mediano plazo, y en el largo plazo es levemente superada por la previsión del escenarios eficiencia energética solamente. Por lo anterior se concluye que no se deben incluir nuevas acciones en las trayectorias principales a partir de los escenarios alternativos, sino omitir algunas acciones y redefinir las metas de exportación. Más detalladamente, a partir de los escenarios alternativos se debería:

- No promover el mercado interno de carbón si el aporte energético de éste a usuarios finales se reduce de manera considerable, porque no habría un nivel de demanda que así lo amerite.
- No aumentar la generación de energía eléctrica a partir de carbón si el aporte energético de éste a los procesos de transformación es considerablemente menor.
- Aumentar las metas de exportación si el aporte energético total (para usuarios finales y procesos) es considerablemente menor, para así compensar el menor consumo interno por consumo externo y no reducir el nivel de producción y el ingreso.

4.4 Estructuración del mapa de ruta para el sector Eléctrico

Se presenta a continuación el resumen de la estructuración del mapa de ruta para el sector eléctrico en Colombia, desarrollado por la Unión Temporal CIDET-IEB.

4.4.1 Situación Actual

La evolución del Sector Eléctrico Colombiano, lo ha llevado de un sector de propiedad estatal y esquema centralizado, a un esquema de mercado con participación privada, donde el Estado toma un papel de regulación, planeación indicativa, vigilancia y control, buscando que las fuerzas de mercado lleven a un óptimo desempeño del servicio con beneficio para los usuarios finales. Este cambio está enmarcado en una gran reforma del sector, la cual contempla integralmente aspectos legales, institucionales, de competencia y de mercado.

Gracias al esquema de cargo por confiabilidad, entre otros factores, se ha venido desarrollando una mayor cantidad de proyectos de generación hidráulica, y en general proyectos de más largo plazo y de mayor capacidad, tras casi más de una década de proyectos térmicos,



fortaleciéndose la expansión futura en generación con proyectos como Ituango, Sogamoso y el Quimbo.

Se puede considerar que el Sistema Eléctrico Colombiano ha entrado en una fase caracterizada por la necesidad de mejorar la capacidad de interconexión del país a través del refuerzo del sistema de 500 kV, por el aumento en la capacidad de intercambios de energía con los países vecinos, y con la búsqueda de nuevas oportunidades para intercambiar energía con otros países.

Adicionalmente, se viene presentando una mayor concentración en las empresas de distribución, con la compra de algunas de las electrificadoras regionales por parte de las empresas de distribución más consolidadas. A futuro se espera que el Estado finalice su proceso de venta de las electrificadoras regionales que aún están en su poder.

4.4.1.1 Métrica

El año 2014 representó para la demanda de energía del SIN en Colombia el mayor crecimiento en los últimos 10 años, el cual fue del 4.4% frente a 2013, equivalente a 63,571 GWh. La razón principal de este mayor crecimiento se debió al incremento del 5.0% de la demanda de energía del mercado regulado (consumo de energía del sector residencial y pequeños negocios), ocasionado por el mayor consumo de energía en refrigeración y acondicionamiento del ambiente ante la presencia de las altas temperaturas en el país entre los meses de mayo a octubre. Ver Figura 28.

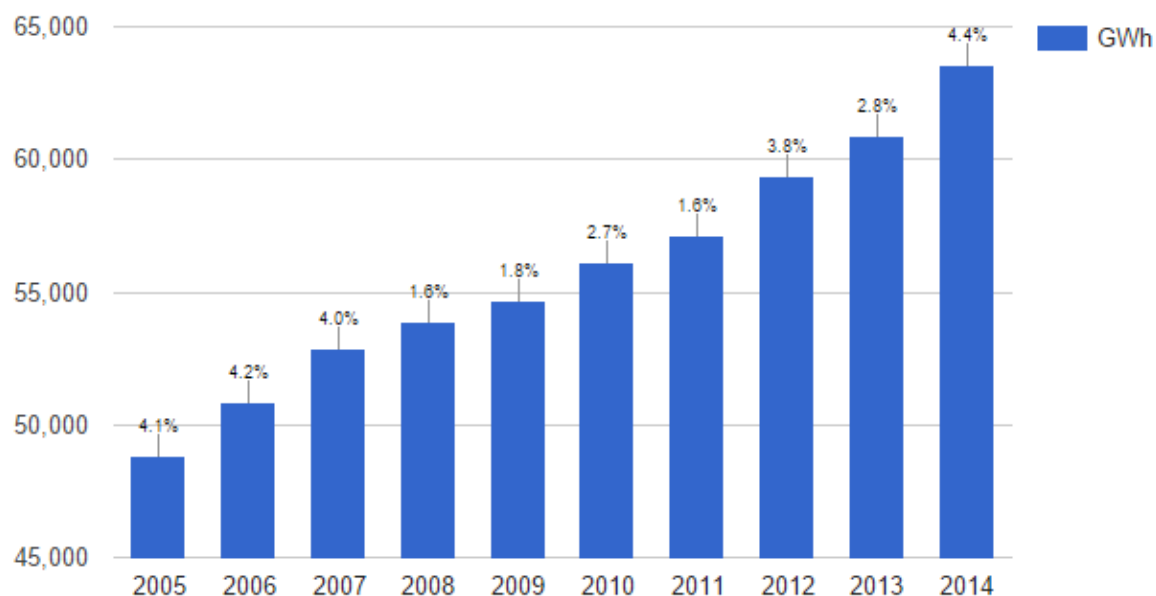


Figura 31 Crecimiento Demanda Anual

Fuente: XM

Por su parte, la demanda no regulada (industria y comercio) creció el 3.0%, donde sobresale por su participación en el mercado no regulado, el crecimiento de la actividad minas y canteras con



un 14.6%, repunte que se dio principalmente por la entrada de la carga de Rubiales en el Meta y el aumento del consumo de energía de la planta Santa Rosa de Ecopetrol. En la Tabla 16 se presenta el crecimiento de la demanda por sector.

Tabla 16 Crecimiento de la Demanda por Sector

Fuente: XM

	Demanda 2013 GWh	Demanda 2014 GWh	Crec.	Participación
Regulado	40,282	42,323	5.0%	67%
No regulado	20,237	20,867	3.0%	33%
Industrias manufactureras	9,546	9,493	-0.7%	45.5%
Explotación de minas y canteras	3,828	4,386	14.6%	21.0%
Servicios sociales, comunales y personales	2,363	2,423	2.5%	11.6%
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	1,704	1,733	1.6%	8.3%
Electricidad Gas de ciudad y agua	1,051	1,031	-1.9%	4.9%
Transporte, almacenamiento y comunicación	609	656	7.7%	3.1%
Agropecuario, silvicultura, caza y pesca	532	546	2.6%	2.6%
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	560	541	-3.5%	2.6%
Construcción	45	58	30.4%	0.3%

El crecimiento de la generación no se dio en la misma magnitud del de la demanda (4.4%), debido a que las exportaciones a Venezuela fueron inferiores en 690 GWh frente a las de 2013. Por otra parte, los intercambios internacionales registraron las siguientes cifras: exportaciones a Ecuador 824.0 GWh (crecimiento del 24.4%), importaciones desde Ecuador 46.9 GWh (crece 64.4%) y exportaciones a Venezuela 25.0 GWh (disminuyeron en 96.5%).

En comparación con el año 2013 se presentó un crecimiento en 930 MW de la capacidad, equivalentes al 6.4%, el cual obedece principalmente a la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas Sogamoso 819 MW, Darío Valencia Samper unidad 1 y 5 de 50 MW cada una, el Popal 19.9 MW, el Salto II 35 MW y Laguneta 18 MW, al aumento de la Capacidad Efectiva Neta de Porce III en 40 MW y a la actualización en térmicas de los combustibles principales que respaldan las obligaciones de energía firme para la vigencia diciembre 1 de 2014 a noviembre 30 de 2015 para el cargo por confiabilidad. Tabla 17 se presenta la Capacidad Efectiva Neta del SIN.

Tabla 17 Capacidad Efectiva Neta SIN Dic 2014

Fuente: XM

Recursos	2013 MW	2014 MW	Partic %.	Variación (%) 2013-2014
Hidráulicos	9,315	10,315	64.0%	10.7%
Térmicos	4,515	4,402	31.0%	-2.5%



Recursos	2013 MW	2014 MW	Partic %.	Variación (%) 2013-2014
Gas	1,972	1,757		-10.9%
Carbón	997	1,003		0.6%
Combustóleo	307	297		-3.3%
ACPM	917	1,023		11.6%
Jet1	46	46		0.0%
Gas-Jet A1	276	276		0.0%
Menores	662.2	694.7	4.5%	4.9%
Hidráulicos	560.5	584.9		4.4%
Térmicos	83.4	91.4		9.6%
Eólica	18.4	18.4		0.0%
Cogeneradores	66.3	77.3	0.5%	16.6%
TOTAL SIN	14,558.5	15,489.0	100%	6.4%

En la Figura 29 se presenta la composición general de la generación en el Sistema Interconectado Nacional para el año 2014.

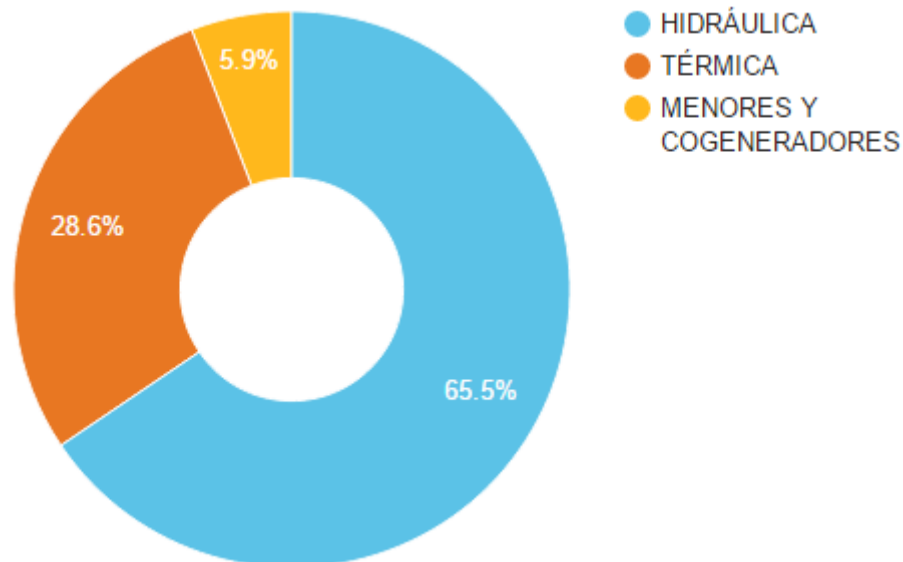


Figura 32 Composición de la Generación SIN 2014

Fuente:XM

Por su parte el precio promedio ponderado de bolsa nacional (\$/kWh) en 2014 fue de 225.51 \$/kWh, lo que representa un crecimiento del 26.1% frente al registrado en 2013 (178.88 \$/kWh). Este crecimiento, al igual que el presentado en 2013 frente a 2012, se explica en gran medida por la incertidumbre en la evolución de los aportes hídricos.



La alta dependencia en los recursos hidroeléctricos, pone al país en riesgo periódico de escasez y altos precios de la energía, como se evidencia en la Figura 30, con precios de bolsa actuales (octubre 2015) de 1952 \$/kWh. Existen diversas tendencias que pueden estar contribuyendo a la formación de estos altos precios del mercado. Por ejemplo, en adición a la periódica disminución en la producción de energía hidroeléctrica, los altos precios del gas natural han llevado a la generación de energía con combustibles líquidos en plantas térmicas.

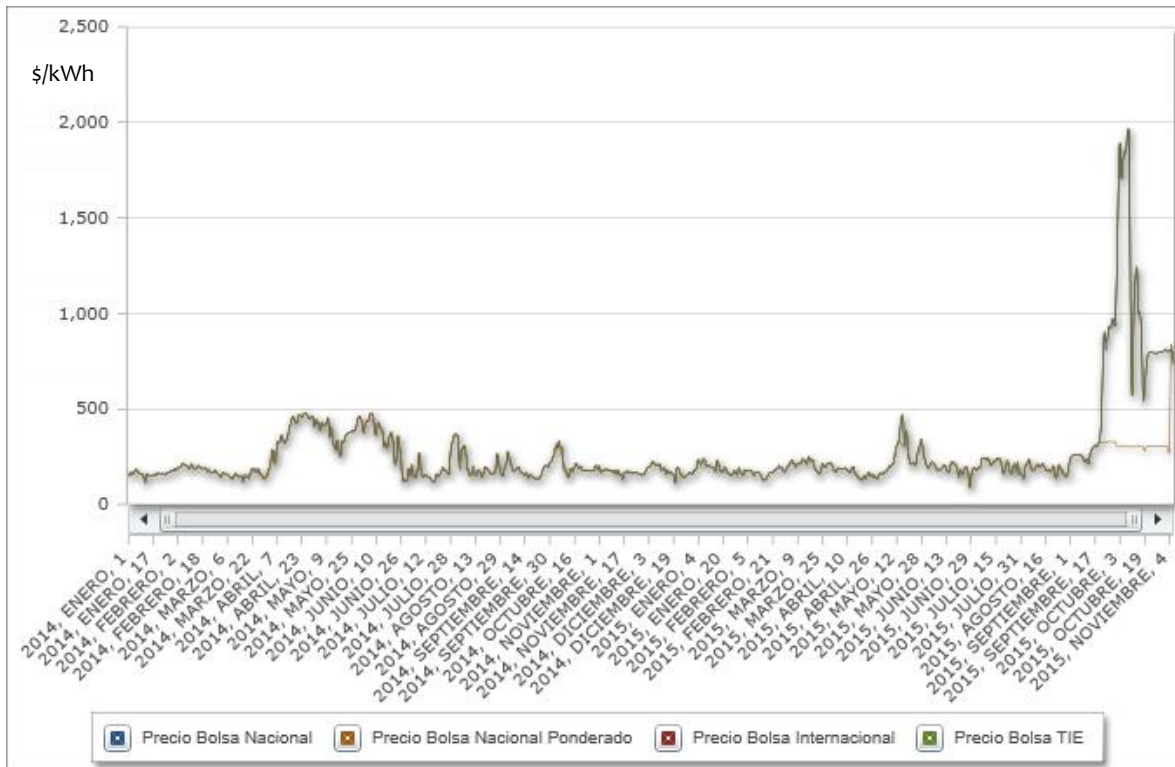


Figura 33 Precio de Bolsa Nacional.

Fuente XM

4.4.1.2 Fortalezas

El mercado eléctrico es uno de los mercados energéticos con mayor trayectoria (20 años) y solidez en el país, a continuación se presentan algunas de las principales fortalezas que éste posee:

- Presenta una clara separación de roles y funciones de los diferentes agentes.
- Fortalezas de las Instituciones asociadas.
- La demanda de energía eléctrica, que se ha incrementado en más del 50 por ciento, entre 1995 y el 2015, ha sido plenamente satisfecha con un parque de generación que ha crecido a su ritmo.



- Aumento considerable en la cobertura del servicio de energía eléctrica, que en estos veinte años se ha elevado en más de 20 puntos porcentuales para llegar al 96,7 por ciento.
- Gran Potencial de Generación.
- Posibilidad de canasta energética diversificada.
- Sistema de Potencia robusto y confiable.
- Ubicación estratégica para intercambios internacionales.

4.4.1.3 Retos

Como principales retos en el sector eléctrico colombiano se encuentran los siguientes:

- Establecer una combinación de tecnologías que garanticen el suministro confiable y disminuyan la vulnerabilidad del sistema ante eventos como las bajas hidrologías, o problemas de suministro o transporte de gas asumiendo que la ENFICC no constituye un producto homogéneo.
- Ajustar el mecanismo del Cargo por Confiabilidad para mejorar la combinación deseable de tecnologías y garantizar confiabilidad en épocas de bajas hidrologías y problemas de suministro de combustibles.
- Controlar los abusos de posición dominante. Si bien en el pasado no ha sido posible demostrar el abuso de posición dominante, es importante diseñar los mecanismos que permitan controlar cualquier abuso en este sentido.
- Definir mecanismos de contratación eficientes. Los contratos para el mercado regulado y para el mercado no regulado deben dar señales eficientes, tanto en cantidades como en precios y servir de instrumentos de manejo del riesgo por parte tanto de la oferta como de la demanda siguiendo los principios de una adecuada regulación en el sentido de reparto equitativo de riesgo entre actores del sistema.
- Mayor competitividad en precios de la energía.

4.4.1.4 Cuellos de Botella

A continuación se presentan algunas barreras identificadas en el sector de energía eléctrica para el cumplimiento de los objetivos energéticos:

- Retrasos en pronunciamiento de Autoridades Ambientales en los proyectos.
- Hasta la fecha las entidades de reglamentación ambiental, no se han pronunciado para estudios ambientales en el uso de Fuentes No Convencionales de Energía.
- El concepto de energía en firme, como energía que debe estar en capacidad de ser entregada en cualquier instante de tiempo, es exigente para las FNCER, debido a que éstas dependen de condiciones climáticas y del tiempo de operación en el día, mes o año.



- El beneficio de complementariedad que este tipo de plantas FNCER puede brindar en periodos de baja hidrología, no es valorado, no es remunerado a través del esquema de Cargo por Confiabilidad algún otro mecanismo.
- Las áreas con mayores potenciales para el aprovechamiento de las FNCER se encuentran localizadas en sitios alejados de la infraestructura para la transmisión de energía, vías de acceso, comunicaciones, entre otros, lo cual dificulta su integración al Sistema Interconectado Nacional.
- La energía eólica, energía solar, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, entre otras FNCER, por su naturaleza variable no se ajustan al modelo del despacho central en el Mercado de Energía, en el cual para plantas con capacidades mayores a 20 MW se pueden presentar desviaciones respecto a la energía ofertada.
- Variabilidad hidrológica.
- Altos costos de inversión y pocos incentivos para las FNCE.
- Altos costos de conexión para Fuentes No Convencionales de Energía.
- Costos para brindar cobertura a poblaciones remotas.
- Tarifas y capacidad de pago de usuarios.
- Industria no electro-intensiva.
- Altos costos de la energía – Periodos de escasez.
- Falta de coordinación intersectorial.

4.4.1.5 Visión

Al año 2050 las previsiones realizadas por la UPME muestran que el 69% del PIB estaría concentrado en el sector terciario y el 11% en actividades de agricultura, minería e industria. Una economía orientada a servicios obliga a rediseñar las necesidades de energía a futuro, acordes con esta posible estructura económica.

En una economía de servicios, el uso relativo de la energía puede ser menos intensivo, y ser mayormente aprovechado por las energías renovables, así como fomentar la generación distribuida, por el acelerado impacto en términos de urbanismo que la industria de servicios genera.

A mediano y largo plazo se observa un alto porcentaje de penetración de Fuentes Renovables No Convencionales de Energía potencializado por la ley 1715 de 2014, además de solicitudes de conexión para nuevos y grandes proyectos de generación hidráulica al SIN, al igual que una integración de los mercados regionales de Centro América y la región Andina y otros países. Así mismo, se prevé un incremento sostenido de la demanda de electricidad, así como dificultades en el desarrollo de proyectos de transmisión de energía eléctrica y plantas de generación.

Al menos un 20% de la matriz al año 2050 debería provenir de FNCER con énfasis en energía eólica, solar, biomasa complementadas con desarrollos hidroeléctricos que permitan alcanzar esta meta.



En la Figura 31, se presenta la proyección de demanda de potencia para el período 2015-2029, teniendo en cuenta la demanda nacional, los GCE y Panamá.

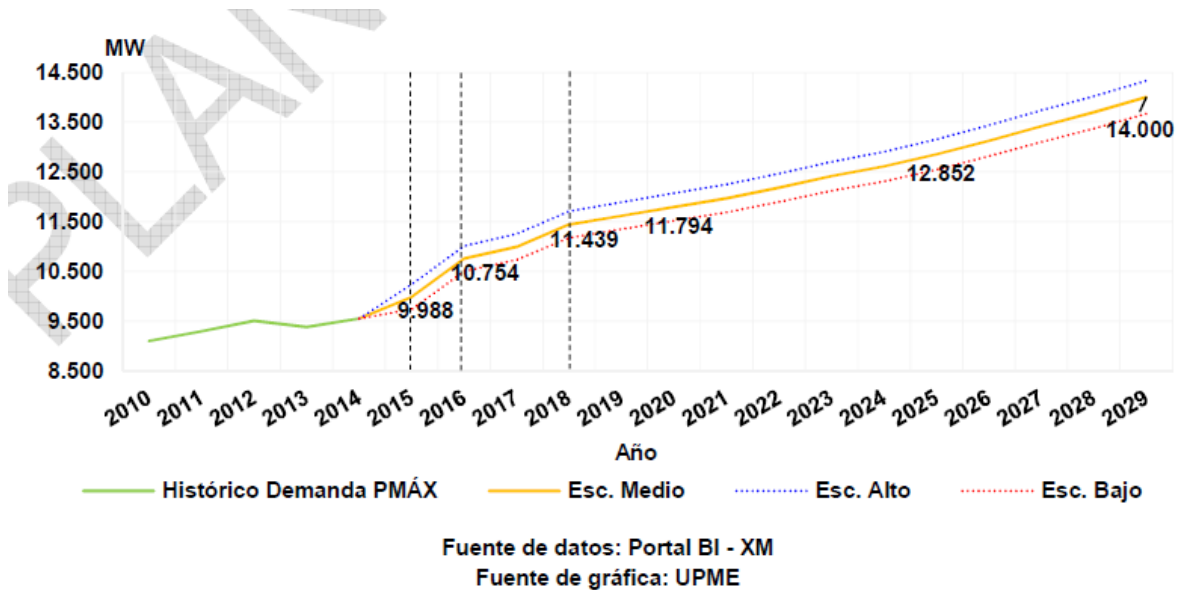


Figura 34 proyección de demanda de potencia para el período 2015-2029

El crecimiento promedio anual de la proyección nacional más los GCE sería 2.46% y si se adiciona la proyección de Panamá aumentaría en 0.13% entre 2015 y 2029.

4.4.1.6 Objetivos

Para el caso del Sector eléctrico, se presentan los siguientes objetivos:

Tabla 18 Objetivos Sector Eléctrico

Fuente: elaboración propia

Objetivo 5to para el sector energético (PEN 2050)	Mantener ingresos y aportes de regalías	Viabilizar la transformación productiva y la generación de valor	Obtener “shared value”
Sector Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> -Desarrollar mecanismos e incentivos para la inversión en generación. -Aumentar exportaciones energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecer incentivos para respuesta de la demanda. - Aumentar la eficiencia en toda la cadena de valor. - Realizar cambios regulatorios. 	<ul style="list-style-type: none"> -Asegurar la suficiencia energética para el desarrollo del país.

4.4.2 Áreas de Enfoque

A continuación se presentan las áreas de Enfoque para la cadena del Sector Eléctrico:



Tabla 19 Áreas de Enfoque Sector Eléctrico

Fuente: elaboración propia

Generación	Transmisión y Distribución	Demanda	Transversales
<ul style="list-style-type: none"> -Conexión de generación eólica en la región Caribe, cuya capacidad instalada puede alcanzar los 3131 MW. -Instalación de bancos de baterías. -Nuevos proyectos hidroeléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de infraestructura. - Obras a nivel de 500 kV y 220 kV en la Costa Atlántica, las cuales mejorarán las condiciones de los STR y SDL. - Posibilidad de uso de una red en HVDC. - Smart Grid. - Aumentar la capacidad de las conexiones internacionales y sus TIES asociadas 	<ul style="list-style-type: none"> -Eficiencia energética y gestión de la energía. -Respuesta a la demanda. -Tracción eléctrica, se puede dividir en transporte masivo, automóviles eléctricos, motos y scooters. 	<ul style="list-style-type: none"> - Articulación del Ministerio de Minas con el Ministerio de Ambiente. - Cambios regulatorios. - Articulación Universidad Empresa Estado.

4.4.3 Fases de Desarrollo

4.4.3.1 Años 2015 – 2020

Para atender de manera eficiente la demanda de energía eléctrica, se espera que en los próximos 5 años entren en operación 11 proyectos de expansión en generación mayores a 40 MW, asignados mediante subastas del Cargo por Confiabilidad. Adicionalmente, para el mismo horizonte de tiempo se cuenta con 21 proyectos de plantas menores a 20 MW con concepto aprobatorio para su conexión dado por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME- que suman en total 274 MW aproximadamente.

En el Sistema de Transmisión se plantean obras a nivel de 500 kV y 220 kV en la Costa Atlántica, las cuales mejorarán las condiciones de los STR y SDL; correspondientes al cierre del anillo en 500 kV en la Costa Caribe entre Sabana larga y Bolívar, un nuevo punto de conexión en Cesar y el cierre del anillo en 220 kV en Atlántico.

Por otro lado se presentan los análisis para la conexión de generación eólica en la región Caribe, cuya capacidad instalada puede alcanzar los 3131 MW. Así como para la instalación de baterías; donde se requiere avanzar en la normativa de almacenamiento para su adecuada incorporación al Sistema.

En el tema de Eficiencia Energética se elaboran propuestas de potenciales, metas y medidas por sector de consumo prioritario, así como una propuesta de esquema para la promoción de



EE que se constituya en el enlace entre el PROURE, el mercado y los usuarios finales en todos los sectores.

En relación a la participación de las FNCER en el lado de la demanda, se han analizado alternativas para la promoción desde el sector de Industria; planteando líneas de acción orientadas al uso de la biomasa a través de tecnologías y procesos de digestión anaeróbica para la producción de biogás, procesos de gasificación, pirolisis o combustión.

Con respecto a las redes inteligentes, se está construyendo el mapa de ruta para la implementación y desarrollo de éstas en Colombia.

4.4.3.2 Años 2021 – 2030

En la **Figura 32** se presentan los requerimientos de capacidad del sistema para la atención de la demanda de potencia (sin interconexiones internacionales). Ésta permite comparar la posible evolución del pico de potencia de la demanda con la capacidad disponible actual y futura (al año 2029) del parque generador.

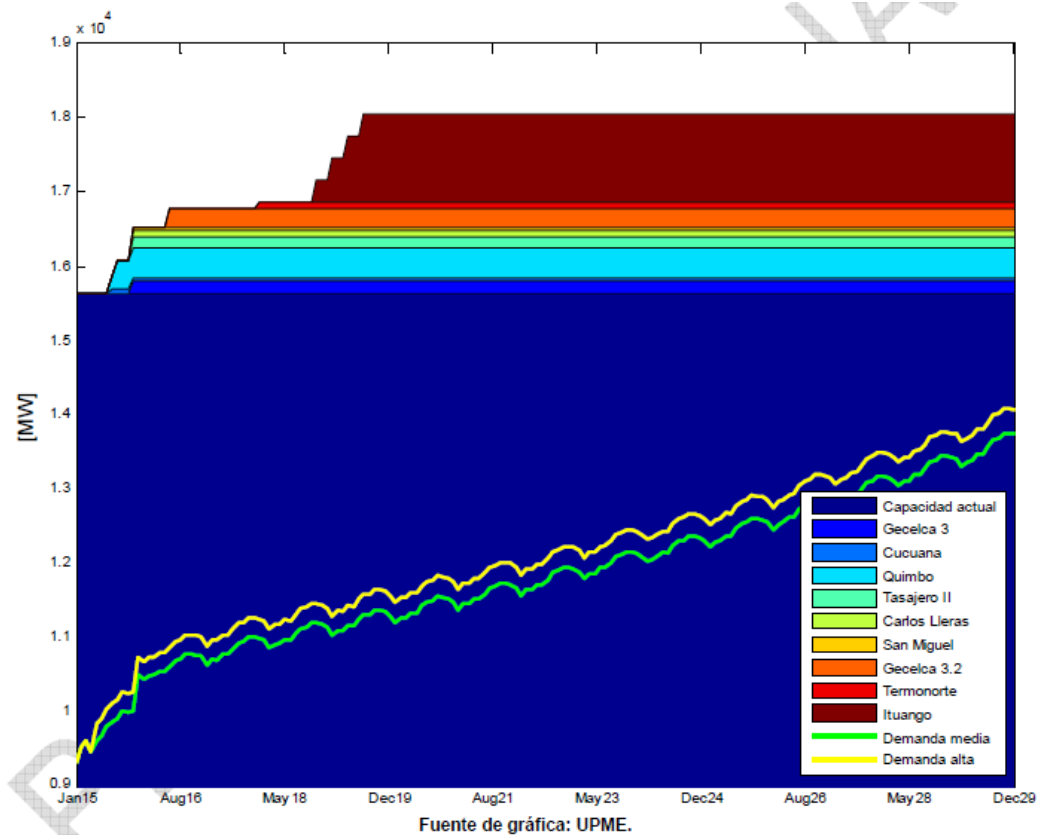


Figura 35 Proyección de Demanda y Capacidad Instalada
Fuente: Plan de expansión 2015-2029, UPME



Para este plazo se contemplan la segunda etapa de Ituango (1200MW), la instalación de 396.8 MW hidroeléctricos distribuidos en Antioquia y Tolima y una proyección de crecimiento de la capacidad instalada de plantas menores (796.6 MW al final del período). Así como, la conexión al Sistema de plantas eólicas, solares y geotérmicas.

Se formulan diferentes alternativas de desarrollo de red en función de los posibles bloques de generación eólica que se podrían instalar, incluyendo la posibilidad de uso de una red en HVDC teniendo en cuenta la necesidad de interconexión de diferentes áreas.

Adicionalmente, se contempla el desarrollo de las siguientes actividades transversales:

- Realizar cambios regulatorios para que el mercado dé resultados en fortalecer los incentivos para respuesta a la demanda y la eficiencia energética.
- Desarrollar la normativa necesaria para fomentar la gestión de demanda.
- Desarrollo de Infraestructura eléctrica para conexión de nuevas plantas al Sistema.

4.4.3.3 Años 2031 – 2050

Para este periodo se plantean las siguientes acciones:

- Coordinar el sector energía eléctrica y gas, así como el Ministerio de Minas y Energía con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.
- Obtener eficiencia en el mercado a través de mercados estandarizados.
- Mejorar la eficiencia en la asignación del cargo por confiabilidad, permitiendo un precio de escasez incremental.
- Aumentar la capacidad de las conexiones internacionales TIES.
- Seguir estudiando fuentes como energía de los mares y biocombustibles para una posible integración con el Sistema.
- Implementar de Red en HVDC.
- Obtener consumo masivo en el sector transporte.
- Consolidación de FNCER con 20% de participación.

En la Figura 33 Se presenta el resumen de la estructuración del mapa de ruta para el sector eléctrico en Colombia, desarrollado por la Unión Temporal CIDET-IEB como punto de partida.



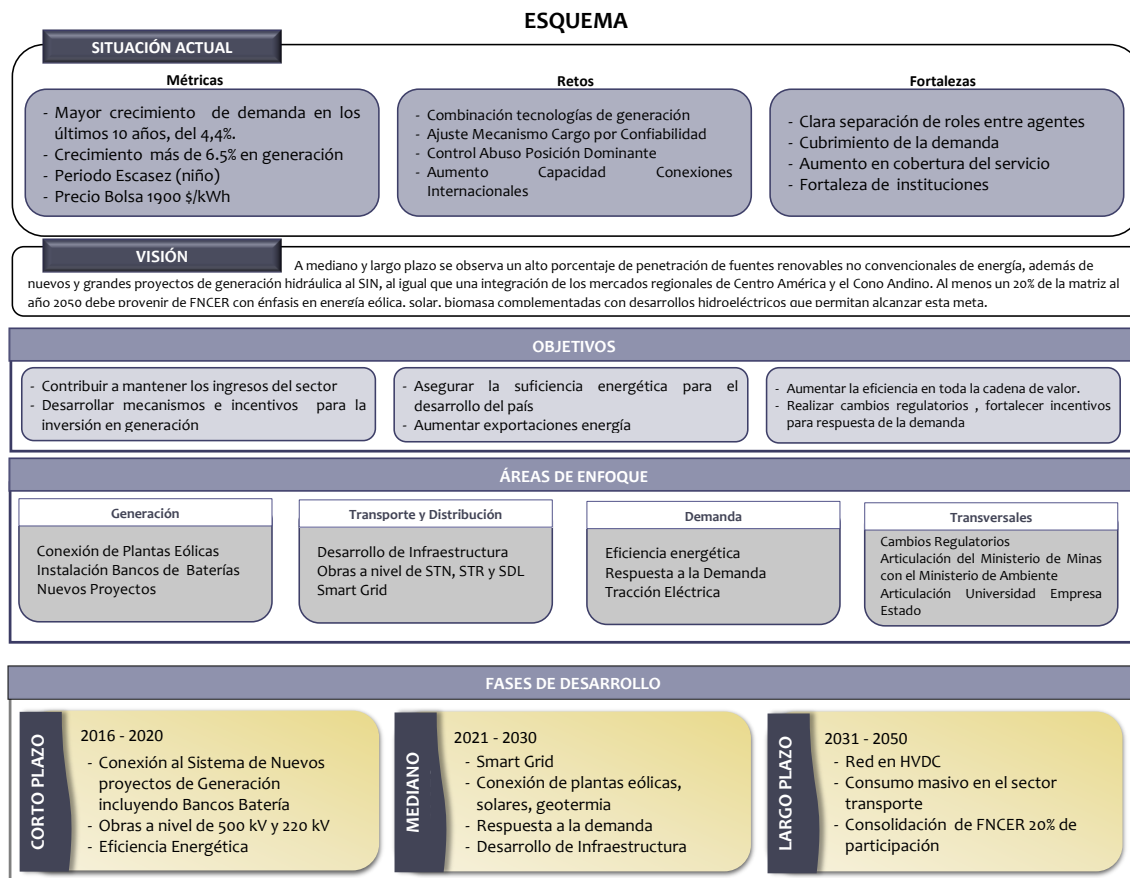


Figura 36 Esquema de mapa de ruta sector eléctrico

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

4.4.4 Definición de trayectorias

A continuación se presentan las diferentes acciones para el corto, mediano y largo plazo con mira al logro del Objetivo 5 del PEN 2050.

4.4.4.1 Trayectoria 1

La trayectoria 1 para el sector eléctrico abarca los escenarios base, tecnológico 1, tecnológico 2 y de eficiencia energética, dicha trayectoria contempla un mayor consumo en energía eléctrica en la que se impulsa fuertemente el desarrollo de las FNCE como biomasa, eólica y solar.

Se debe potencializar la demanda en los procesos industriales, acompañado de una adecuada eficiencia y gestión energética; de la mano de cambios regulatorios que apoyen e incentiven la misma. Adicionalmente, masificar el consumo de energía eléctrica en el transporte.

En la Figura 34 se presenta la trayectoria 1:



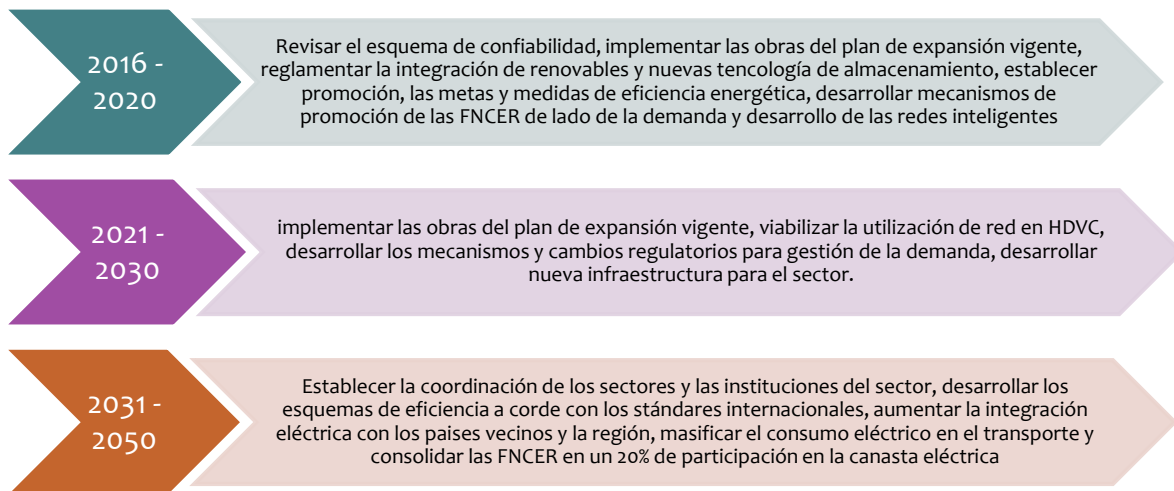


Figura 37 Trayectoria 1 del sector eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.2 *Trayectoria 2*

En cuanto a la trayectoria 2, que aplica al Mundo Eléctrico, se considera una mayor inversión en proyectos de generación de energía eléctrica, que considere FCE, FNCER, plantas nucleares y nuevas tecnologías de almacenamiento como baterías. Adicionalmente, en los sistemas de transmisión y distribución se requiere de fuertes repotenciaciones y nuevas redes inteligentes y robustas.

Con el aumento de la demanda en las diferentes industrias, en el sector residencial y comercial, es necesario realizar ajustes regulatorios y de incentivos que promuevan altamente la gestión del lado de la demanda.

En la Figura 35 se presenta la trayectoria 2:



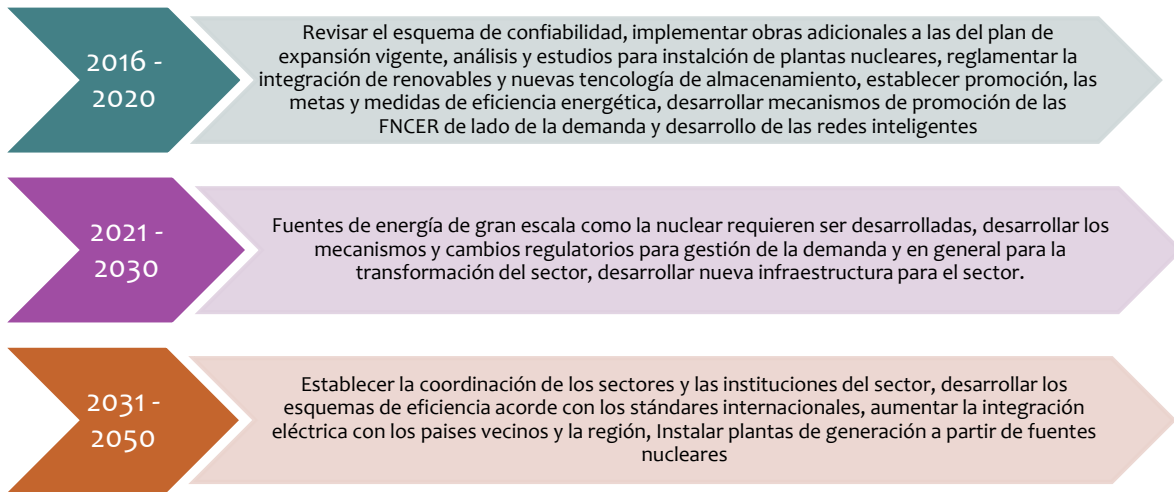


Figura 38 Trayectoria 2 del sector eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5 Análisis de trayectorias

La agregación de acciones que se han identificado para el sector eléctrico conforman las siguientes trayectorias.



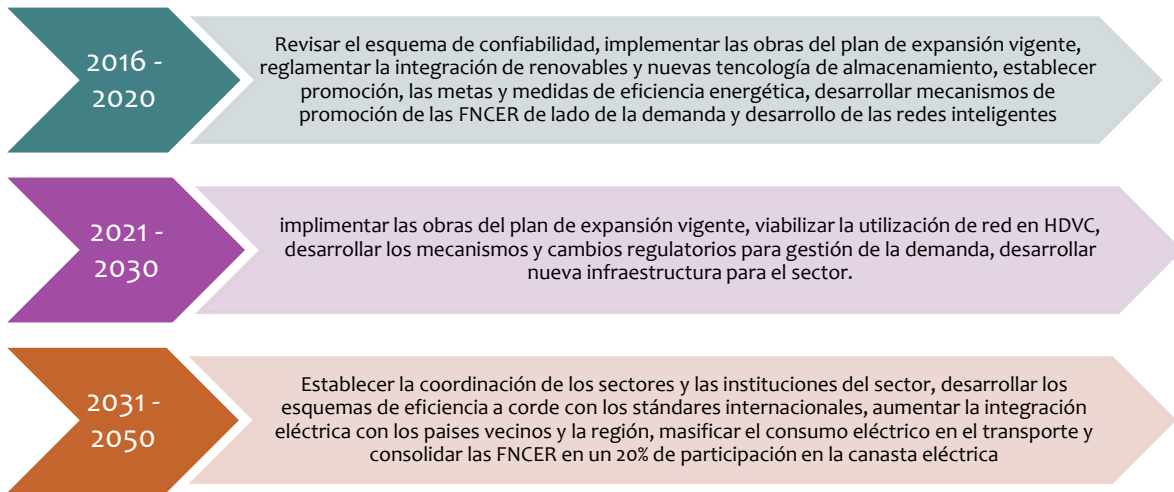


Figura 39 Representación de la trayectoria 1 del sector eléctrico

Fuente: elaboración propia

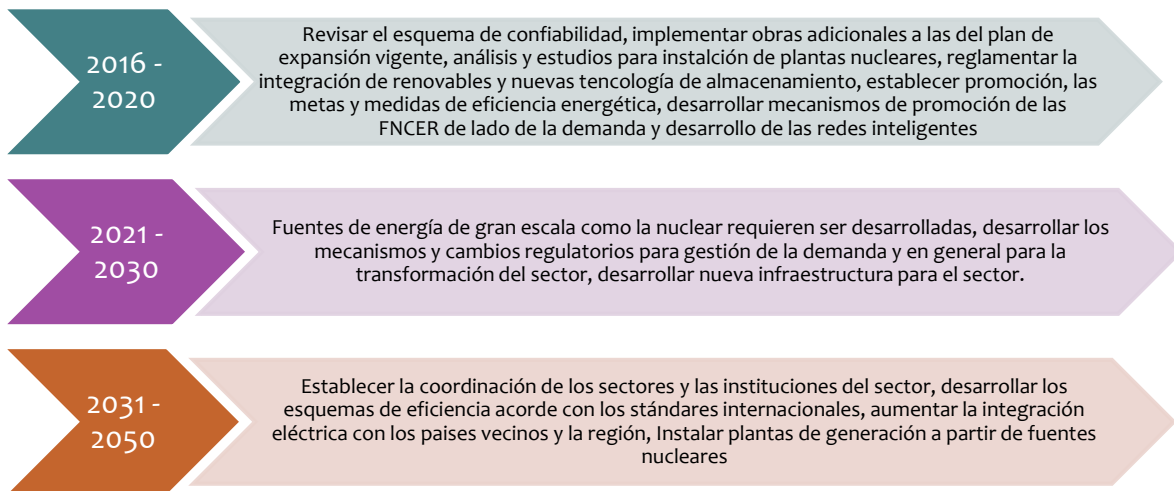


Figura 40 Representación de la trayectoria 2 del sector eléctrico

Fuente: elaboración propia



5 ESTRUCTURACIÓN DE MAPAS DE RUTA PARA EL OBJETIVO 6 DEL PEN 2050: VINCULAR LA INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES Y CONTAR CON EL CONOCIMIENTO, LA INNOVACIÓN Y EL CAPITAL HUMANO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR

Lograr una mayor y mejor disponibilidad de información para la toma de decisiones de los agentes, y una mayor cohesión entre el conocimiento, la innovación y el capital humano disponible para facilitar la incorporación de los cambios técnicos y transaccionales avizorados, es un objetivo transversal al PEN 2050. Se busca que se tenga la plataforma disponible para facilitar la incorporación de los cambios técnicos y transaccionales en el sector.

Para esto se estructurará un mapa de ruta que se dividirá en tres tópicos: disponibilidad de la información, conocimiento e innovación y capital humano. Con el fin de construir dicho mapa se partirá de identificar la situación actual dentro del sector y la visión que se pretende alcanzar. A partir de estos se identificarán los retos y cuellos de botella para lograr la visión.

Finalmente se definirán las trayectorias y el análisis de estas que llevarán a alcanzar dichos retos, superando los cuellos de botella.

5.1 Estructuración del mapa de ruta para sistemas de información

5.1.1 Situación actual

El acceso y la apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC se han convertido en prerrequisitos para la competencia en mercados globales. El uso de estas permite incrementar la productividad y el desarrollo social de un país, en la medida en que aumentan los volúmenes y la velocidad de transmisión. Esto hace que se mejoren los flujos de información, se reduzcan los costos de transacción y se facilite el acceso a nuevos mercados.

El sector minero energético en particular cuenta con varios sistemas de información, los cuales son independientes y provenientes de varias instituciones. Estas dos características, sumado a las necesidades en seguridad, y a los altos costos de gestión de las TIC, son las principales detonantes para implementar un esquema de arquitectura empresarial en el manejo de la información.

Mediante el Decreto 1258 de 17 de junio de 2013 se creó la Oficina de Gestión de la Información de la UPME, donde se ratifica su función de coordinar y administrar el sistema de información sectorial. Asimismo, se formuló y actualizó conjuntamente con el MME los planes estratégicos de TIC en coordinación con las entidades adscritas y vinculadas del sector energético.

En este escenario, la oficina tiene como misión posicionar a la UPME como Coordinador de Información Sectorial – CIS, de acuerdo con las directivas de MinTic para los Chief Information



Officer – CIO de cada sector, adecuando las estrategias del Gobierno Nacional con las particulares en temas minero energéticos. Para la implementación de la nueva función, la entidad, MinMinas y el BID definieron la estructura operativa con miras a ejecutar el crédito. Se puso en curso las actividades tendientes a proponer un documento CONPES por el que se rigen las actividades que utilizaran los fondos a desembolsar.

La UPME ha venido realizando la consolidación y seguimiento al Sistema de Información Minero Energético Colombiano – SIMEC, de forma mensual en cada uno de sus módulos. Para cumplir con su objetivo, la UPME ha suscrito convenios con XM, COCME-WEC, Asocodis, Andesco, ANDI, MME- DANE, entre otras entidades, con el objeto de aunar esfuerzos en la consolidación de la información sectorial.

Por otro lado, Colombia desde el 15 de octubre de 2014 es país candidato en la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas – EITI. Dicha iniciativa es una coalición mundial de gobiernos, empresas y sociedad civil que trabaja conjuntamente para mejorar la apertura y la gestión responsable de los ingresos procedentes de los recursos naturales. En la Figura 38 se pueden observar los países miembros, candidatos, y suspendidos de la iniciativa.

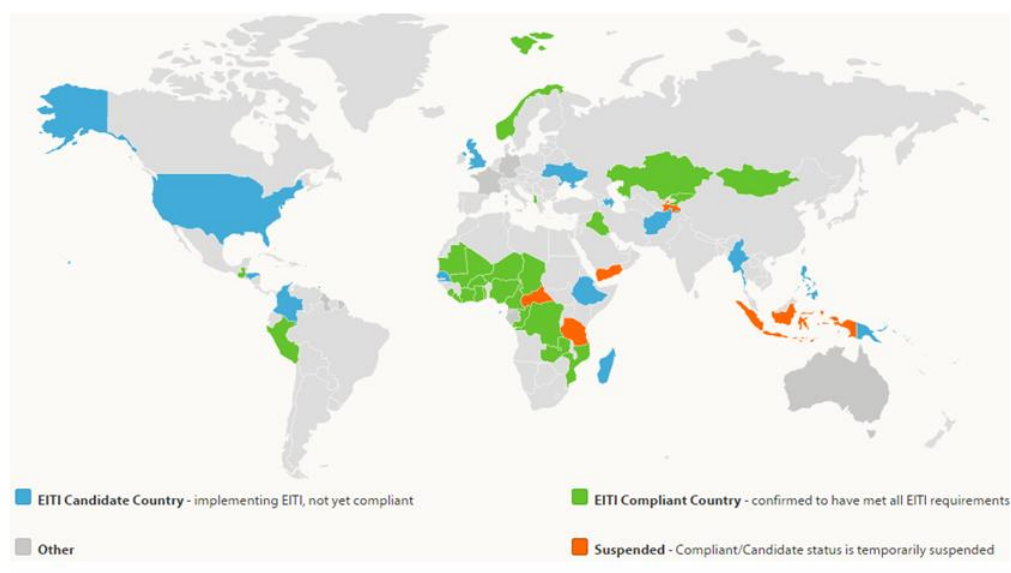


Figura 41 Países integrantes de EITI

Fuente: www.eiti.org

Al implementar el estándar, los países deben divulgar los impuestos y otros pagos realizados por empresas de petróleo, gas y minería al gobierno en un informe EITI anual. Así mismo, el informe debe incluir información explicativa sobre el sector de los recursos naturales, incluyendo: datos de producción, apropiación estatal, transferencias al gobierno local, información sobre licencias, empresas de propiedad estatal, e inversiones sociales y en



infraestructura. También se promueve que se incluya información adicional como: beneficiarios reales, transparencia de contratos y pagos por tránsito.

La situación actual se resume en las siguientes métricas

5.1.2 Métricas

Varios sistemas de información independientes y de diferentes fuentes.

- UPME cuenta con una oficina de gestión de la información con el objetivo de circunscribir a la unidad el CIO del sector minero energético.
- La UPME cuenta con convenios y acuerdos de gestión de información con agentes y agremiaciones del sector.
- Colombia candidato EITI.

5.1.3 Visión

La disponibilidad de la información resulta cada vez más importante para innovar y sobrevivir en un entorno complejo y cambiante como el actual. Los ciclos de vida de tecnologías y productos se acortan, los mercados se hacen globales, el riesgo tecnológico requiere ser gestionado y la innovación abierta emerge para transformar los modelos de negocio de las organizaciones.

Se requiere que la información sea completa, confiable, oportuna y disponible en los medios tecnológicos actuales de parte de todos los agentes, de tal forma que se tenga claridad sobre el estado actual del sector minero – energético.

Aun cuando la UPME ha desempeñado el papel de CIO haciendo un gran esfuerzo en consolidar un sistema de información del sector, para dar respuesta a las necesidades de su público objetivo, se requiere reforzar esta labor aplicando las nuevas tecnologías.

Desde una iniciativa del Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones – MinTic, se busca que todos los sectores cuenten con un CIO capaz de liderar asuntos de tecnología de información, donde se involucren aspectos gerenciales, temáticos, y los propiamente competentes a las tecnologías de información, además de contar con una Arquitectura Empresarial – AE¹.

Además de cumplir con la iniciativa del MinTIC, la UPME requiere potencializar los sistemas de información misionales, en aspectos como la iniciativa EITI y que se potencialicen sistemas de información como el Servicio Geológico Colombiano – SGC.

5.1.4 Cuellos de botella

Partiendo de la situación actual y teniendo en cuenta la visión que se pretende alcanzar se ha identificado los siguientes cuellos de botella:

¹ Metodología referente para gestionar la información.



- Plataforma de información única o análoga. No se cuenta con este tipo de plataforma, por el contrario, se registran más de cincuenta sistemas de información que operan con limitada interconexión. El estudio realizado por Indra (2013) determinó que es necesario realizar 53 integraciones entre los sistemas de información que se manejan en el sector, de las cuales 22 no se establecen por ningún medio y las 31 restantes no tienen un mecanismo que permita el intercambio eficiente de información entre todos estos sistemas.
- Información entre entidades del sector. Se tienen asimetría de información, lo cual limita la coordinación inter-institucional. Esto se debe a la reciente creación de algunas entidades del sector y a la reasignación de funciones de otras.
- Gestión de la información. No existe una política para este, lo cual dificulta la homogenización de conceptos, establecimientos de estándares de calidad, definición de mecanismos de actualización, catalogación, establecimiento de reglas de propiedad y uso, entre otros aspectos relevantes.
- Estrategias y metodologías de fiscalización y control. Para estas se requieren actualización y alineación con estándares internacionales. Adicionalmente, los recursos humanos y técnicos para llevar a cabo dichas funciones son limitados y la infraestructura tecnológica insuficiente.

5.1.5 Retos

- Viabilizar a la UPME como CIO del sector minero energético
- Proporcionar a los actores del sector la información necesaria para soportar la toma de decisiones.
- Integrar y especificar la política pública y energética al sector desde la gestión de la información.

5.1.6 Definición de trayectorias

Teniendo en cuenta los cuellos de botella identificados para cumplir con los objetivos del PEN 2050 y la importancia estratégica del sector minero energético para el crecimiento económico del país, en el documento CONPES 3839 de 2015 se dictan un conjunto acciones para fortalecer institucionalmente el sector, contando con recursos de 30 millones de dólares.

Estas acciones son la línea base para trazar las trayectorias del mapa de ruta que lleve a vincular la información para la toma de decisiones, y serán desarrolladas en tres componentes que articularan el programa con la auditoría, seguimiento y evaluación. Dichos componentes son: fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones; gestión de la información para la prestación eficiente de servicios y fortalecimiento de control para la transparencia, cuyas acciones se observan en Figura 39, Figura 40 y Figura 41 respectivamente.



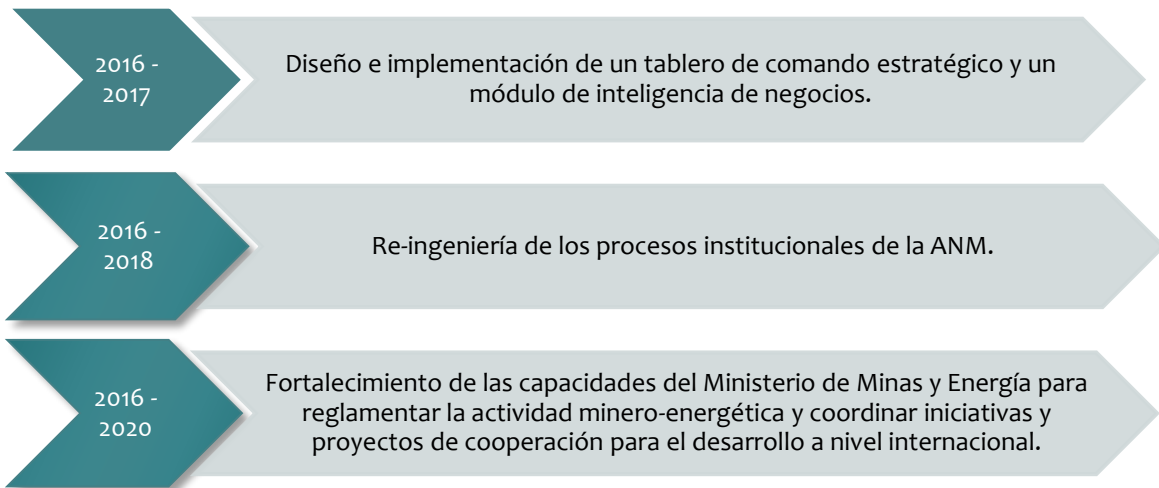


Figura 42 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Fortalecimiento institucional.

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP

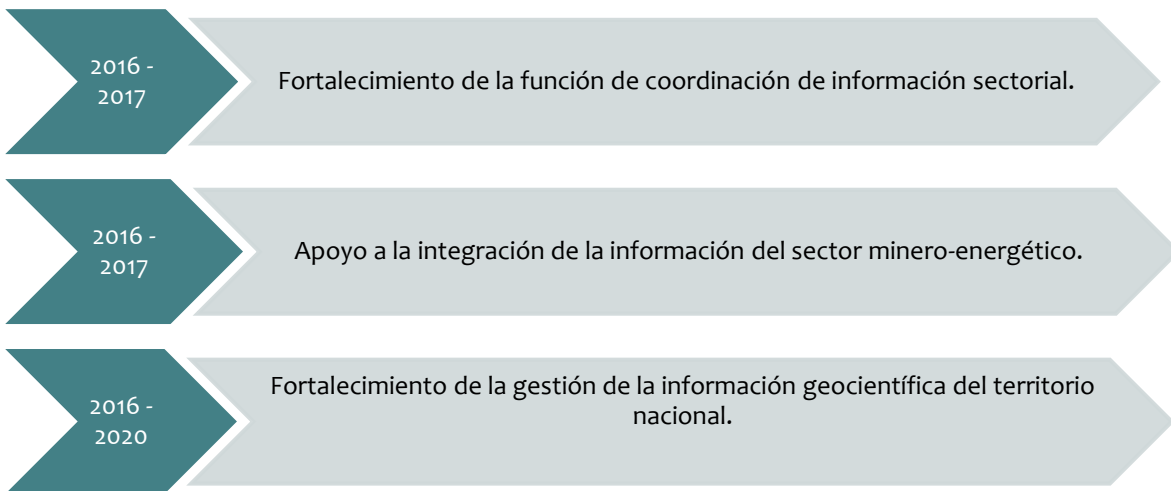


Figura 43 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Gestión de la información.

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP



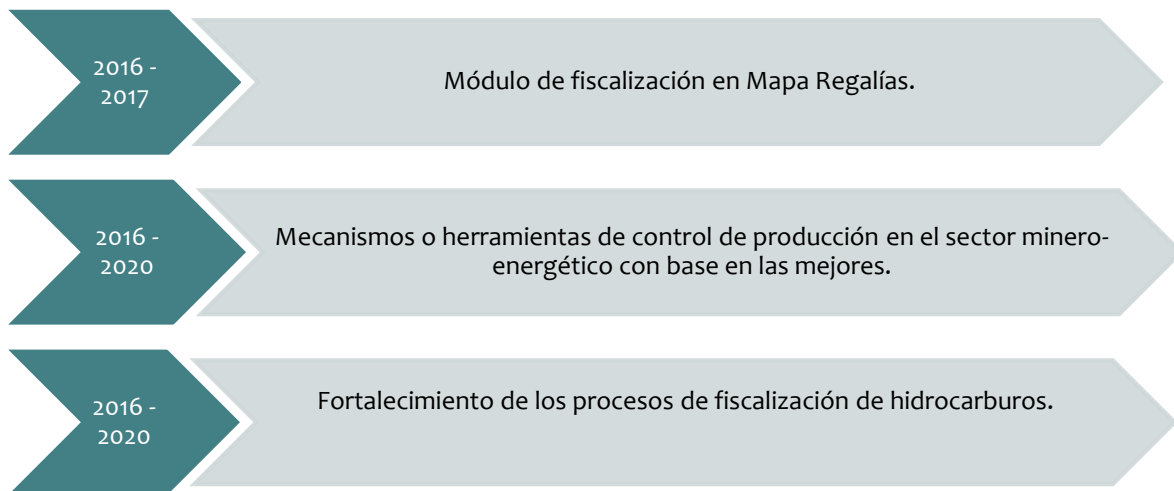


Figura 44 Esquema de Trayectoria – Sistemas de Información. Fortalecimiento de control para la transparencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP

5.1.7 Análisis de las trayectorias

Disponer de un sistema de información minero energético robusto y confiable permitirá que todos los actores del sector cuenten con los argumentos para sustentar sus decisiones. En este sentido, en el corto plazo (2016-2020), la política en manejo de información en cabeza de MinMinas y de MinTic, deberá centrarse en ejecutar las acciones propuestas en el documento CONPES 3839 de 2015. Dicha ejecución consolidará a la UPME como el CIO del sector, diseñando e implementando un esquema de AE, y fortaleciendo el control para la transparencia que permita la adhesión de Colombia en iniciativas internacionales como la EITI y OCDE.

En cuanto al fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones, el objetivo es mejorar la eficiencia y coordinación sectorial a partir de la ejecución de las acciones presentadas en la Figura 42.



Diseño e implementación de un tablero de comando estratégico y un módulo de inteligencia de negocios.

- Diagnóstico de necesidades relacionadas con temas relevantes a monitorear a nivel sectorial y potenciales usos de la información
- Implementación de la solución de inteligencia de negocios para el procesamiento de datos y la elaboración de modelos y escenarios de simulación
- Implementación de la solución de monitoreo y control de gestión (panel de control)
- Capacitación del personal responsable del mantenimiento y uso de las herramientas

Re-ingeniería de los procesos institucionales de la ANM.

- Diagnóstico sobre la eficiencia de los procesos misionales y de apoyo de la ANM
- Diseño de propuestas de optimización de procesos
- Plan de implementación

Fortalecimiento de las capacidades del Ministerio de Minas y Energía para reglamentar la actividad minero-energética y coordinar iniciativas y proyectos de cooperación para el desarrollo a nivel internacional.

- Análisis y asistencia técnica para el desarrollo de las capacidades institucionales necesarias para la implementación de la iniciativa
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales del ministerio de minas y energía para planificar y coordinar la ejecución proyectos de cooperación internacional

Figura 45 Detalle de las acciones para la trayectoria del sistema de información

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP

La consolidación de la UPME como el CIO del sector permitirá a la entidad adquirir las capacidades de infraestructura y capital humano para realizar las funciones de “Observatorio de Energía” para el país, teniendo en cuenta que la globalización de los mercados y el cambio tecnológico continuo, demanda contar con la información para adecuar las políticas y leyes, las cuales permitirán que Colombia cuente con un sector minero energético que no solo pueda satisfacer la demanda interna, si no también competir internacionalmente. La UPME deberá adquirir capacidades en vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, y ser el organismo para la toma de decisiones de todos los actores del sector, articulando varias iniciativas e instituciones que cuentan con unidades de vigilancia tecnológica consolidadas, como el Observatorio de Ciencia y Tecnología de Ruta N, Connect Bogotá, CienTech Barranquilla, CIDET, entre otras.

El fortalecimiento de la función de coordinador de la información sectorial, así como el uso de tecnologías en información y las telecomunicaciones como los sistemas georreferenciados, permitirá a las entidades del sector mejorar la prestación de servicios. Para esto se propone el conjunto de acciones presentadas en la Figura 43.



Fortalecimiento de la función de coordinación de información sectorial.

- Diseño e implementación de la oficina de gestión de información, con el objetivo de fortalecer el rol de la UPME hacia una gestión integral de la información para la planeación y toma de decisiones gerenciales en el sector
- Establecer los lineamientos para la estandarización e intercambio de información sectorial
- Diseño y la ejecución de un plan de gestión del conocimiento
- Diseño y la ejecución de un plan de gestión del cambio y capacitación de recursos humanos

Apoyo a la integración de la información del sector minero-energético.

- Diseño e implementación de la arquitectura empresarial
- Integración de los sistemas de información de las entidades del sector
- Apoyo a la gestión documental
- Fortalecimiento de los sistemas de información geográfica (SIG)
- Mejoramiento de las políticas de seguridad y el plan de continuidad del negocio

Fortalecimiento de la gestión de la información geocientífica del territorio nacional.

- Implementación de proyectos encaminados a fortalecer la arquitectura empresarial del SGC
- Apoyo a la integración de los sistemas de información de SGC con el resto de instituciones del sector por medio de la plataforma de integración de la UPME

Figura 46 Acciones para la coordinación de la información sectorial

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP

El uso de estándares internacionales en el manejo de información del sector para mejorar su transparencia, no solo permite aumentar el ingreso de Inversión Extranjera Directa – IED, sino que también aumenta el control de impuestos por parte del Gobierno. Para ello se han venido adelantado varias acciones en busca de la adhesión de Colombia en la Iniciativa EITI, como el mapa de regalías y mayor control sobre la información proveniente de la industria. Para cumplir con este objetivo en el documento CONPES 3839 de 2015 se recomiendan las acciones de la Figura 44.



Módulo de fiscalización en Mapa Regalías.

- Se completará y revisará la información disponible sobre la actividad de fiscalización minera e hidrocarburífera, con el fin de avanzar de forma alineada con los estándares internacionales de transparencia exigidos por EITI, en congruencia con los lineamientos de la Comisión Rectora de Mapa Regalías.

Revisión e implementación de un piloto sobre los Mecanismos o herramientas de control de producción en el sector minero-energético con base en las mejores prácticas internacionales.

- Seguimiento de los flujos de producción en puntos de información en mina y puerto de exportación
- Presentación conforme a los resultados obtenidos
- Formación de recurso humano especializado al interior de la ANM
- Elaboración de unas guías para la utilización de los mecanismos o herramientas

Fortalecimiento de los procesos de fiscalización de hidrocarburos.

- Dimensionamiento de políticas y reglamentos técnicos para la exploración y explotación de hidrocarburos en el territorio nacional
- Análisis y la contextualización de diferentes modelos comparables en términos de medición, regulación de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos en el territorio nacional
- La transferencia de conocimientos en fiscalización a través de seminarios y talleres técnicos en la materia

Figura 47 Acciones para la adhesión de Colombia en la Iniciativa EITI

Fuente: Elaboración propia a partir de CONPES 3839 de 2015, DNP

5.1.8 Esquema resumen

El proceso de formulación de trayectorias referentes a vincular la información para la toma de decisiones se puede observar en la Figura 45.



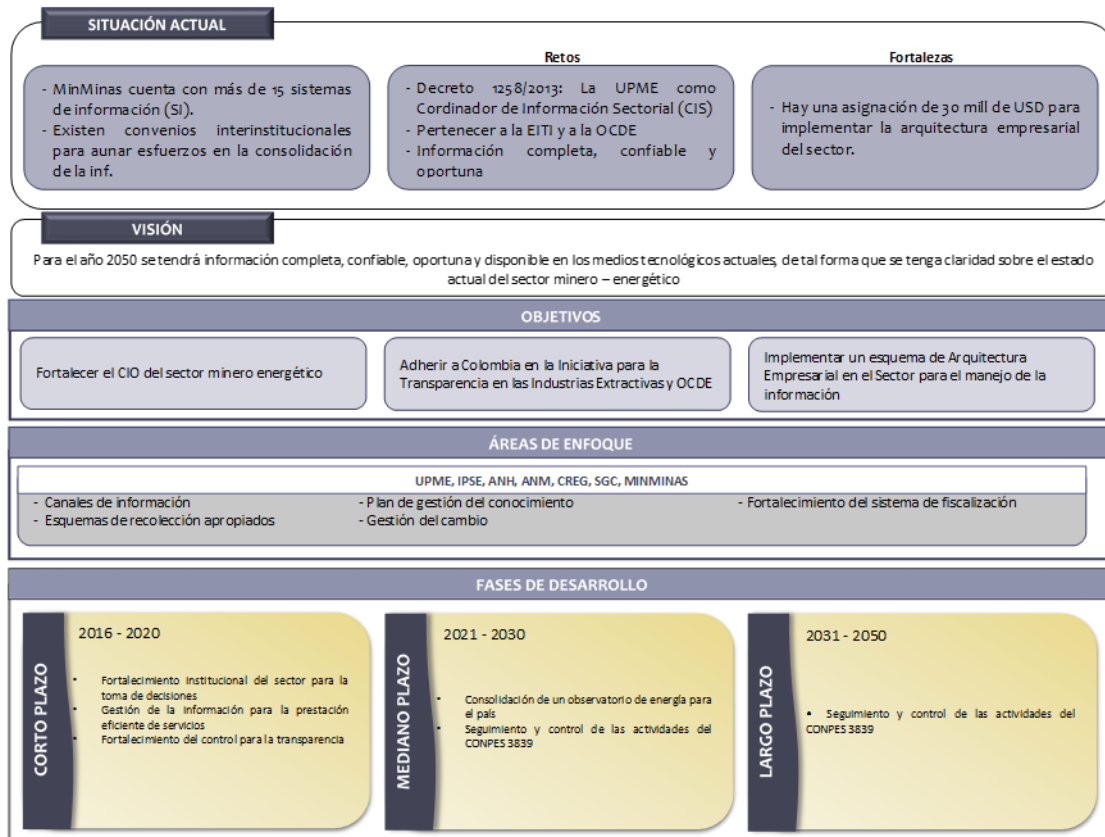


Figura 48 Esquema mapa de ruta Vinculación de la información

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

5.2 Estructuración del mapa de ruta para conocimiento e innovación

5.2.1 Situación Actual Conocimiento e Innovación en el Sector Energético

La generación de ciencia, tecnología e innovación se fortalece como la herramienta de los sectores para el desarrollo de la competitividad. Este componente se ha convertido en uno de los cinco lineamientos estratégicos para lograr que Colombia a 2032 se ubique como uno de los tres países más competitivos de América Latina, buscando elevar el nivel de ingreso por persona equivalente al de un país de ingresos medio – alto. Para esto, el Gobierno debe fortalecer el desarrollo con el fin de disminuir la brecha que existe en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación – CTel, focalizando la creación y fortalecimiento de capacidades en el talento humano, infraestructura, financiación y cultura.

Por otro lado el sector minero energético se presenta en el Plan Nacional de Desarrollo – PND 2014 -2018, como un actor clave para garantizar el desarrollo económico sostenido e inclusivo, teniendo como tarea asegurar que el país tenga fuentes de energía competitivas que permitan que la economía crezca y genere empleo.



Específicamente, según el observatorio de ciencia, tecnología e innovación, en lo que respecta I+D+i, la inversión más alta se presentó en el 2012, cuando alcanzó los 22.346 millones de pesos correspondientes al 3% de la inversión total del gobierno en este rubro. En exploración y explotación del medio terrestre la inversión ha sido más alta, con un promedio del 19% del total invertido por el gobierno. Para el 2013 éste alcanzó un 24%. Esto se puede observar en la Figura 46.

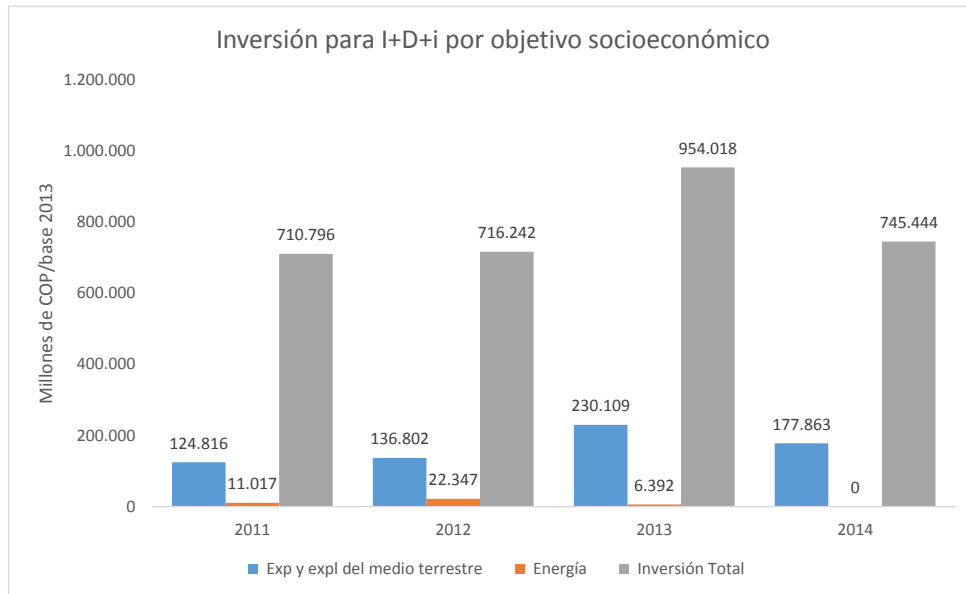


Figura 49 Inversión para I+D+i por objetivo socioeconómico

Fuente: Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Los proyectos aprobados por Colciencias para investigaciones en energía y minería se incrementaron en el 2014. Según el documento Indicadores de Ciencia y Tecnología (2014), se pasó de 18 proyectos aprobados en el 2013 a 291 proyectos en el 2014, siendo esta cantidad el 8,41% del total de proyectos aprobados para todos los sectores. La mayoría de estos proyectos han sido aprobados a Instituciones de educación superior, lo que evidencia la desarticulación del sector académico con el sector productivo del país.

Si se amplía un poco la visión, se tiene que solo el 2% de los grupos de investigación avalados por el programa de CTel son del sector energético y que solo 17 grupos cuentan con la clasificación A1 y 7 con la clasificación A. En la Figura 47 se puede observar la distribución de los grupos de investigación avalados por Colciencias de acuerdo a su área de interés, mientras que en la Figura 48 se observa su clasificación de acuerdo al Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación, Año 2014.



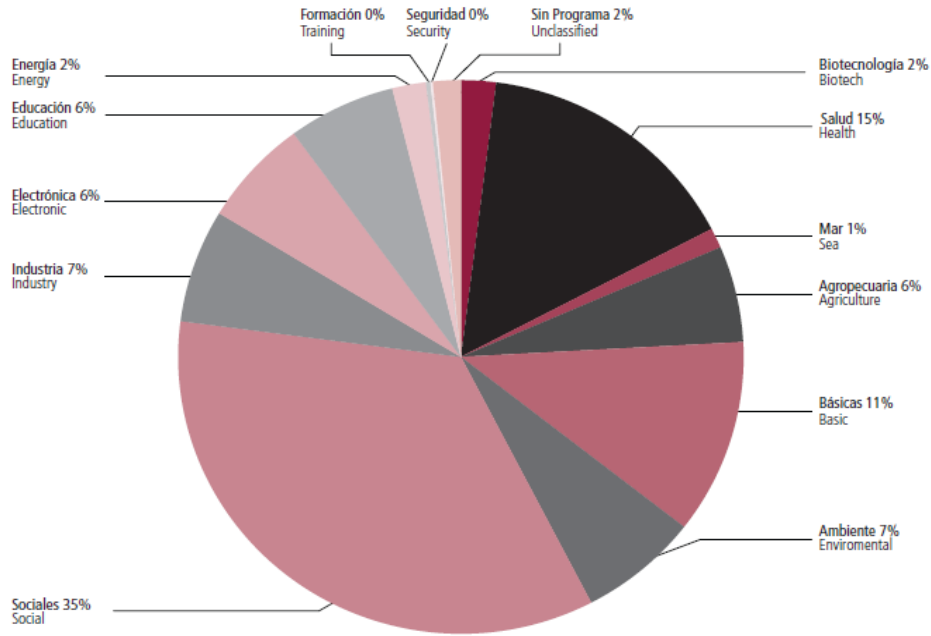


Figura 50 Grupos de investigación avalados por el programa de CTel (2014)

Fuente: Colciencias - Plataforma ScienTI - Colombia

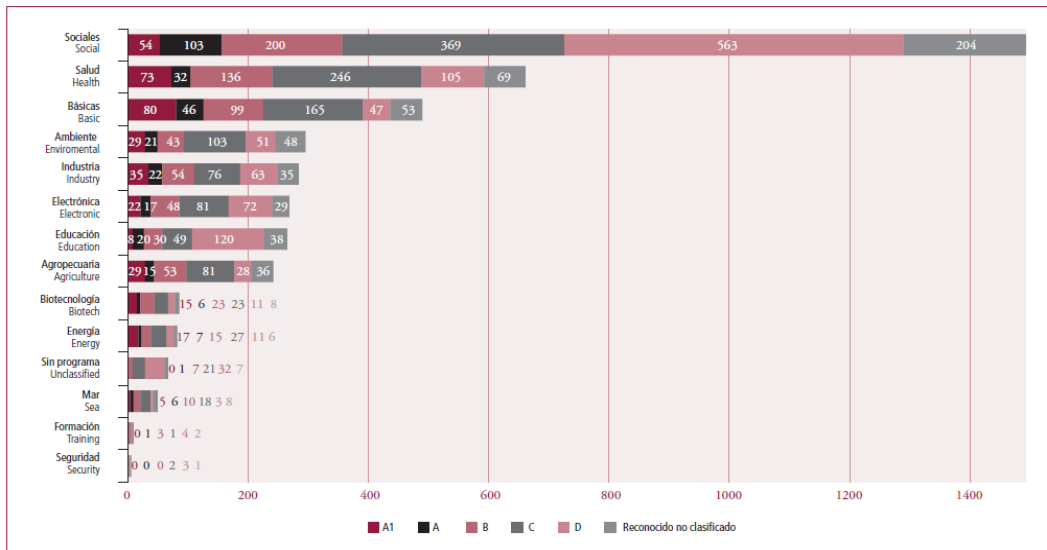


Figura 51 Distribución de los grupos reconocidos por CTel

Fuente: Colciencias - Plataforma ScienTI - Colombia

En este contexto es necesario que el sector minero energético colombiano desarrolle una cultura de CTel en la academia y fortalezca la cooperación de esta con el sector empresarial lo que potencializa la competitividad del sector con miras a fortalecer la economía de la nación.



5.2.2 Visión

El sector enfrenta otro reto y es el diseño de una política de ciencia, tecnología e innovación, donde se impulse el desarrollo de modelos, sistemas de control, tecnologías y procesos biológicos, químicos y físicos que lleven a la gestión sostenible de los recursos como el agua, aire, y suelo; además de la conformación de clúster basados en la prestación de servicios especializados y productos de alto valor agregado. Aun cuando se tienen adelantos en el sector energético, falta potencializar el sector carbonífero, acercando más el sector productivo con la academia. Para esto se busca avanzar en la implementación del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación (2013 – 2022), y establecer una cultura de innovación tanto en el sector público como en el privado.

5.2.3 Cuellos de botella

Partiendo de la situación actual y considerando la visión que se pretende alcanzar se han identificado los siguientes cuellos de botella para contar con el conocimiento y la innovación que permitan el desarrollo del sector:

- Bajo interés de parte del sector privado en la inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Desconocimiento del sistema de protección de la propiedad intelectual.
- Las regiones no cuentan con capacidades de planeación y ejecución de programas de ciencia, tecnología e innovación.
- Desarticulación de los intereses del sector empresarial y las investigaciones realizadas por las universidades.

5.2.4 Retos en términos de conocimiento e innovación

- Desarrollar un sistema de gestión de conocimiento para el sector energético.
- Desarrollar un sistema de gestión de innovación para el sector energético.

5.2.5 Definición de trayectorias

La financiación de las actividades de ciencia y tecnología es un factor clave para alcanzar los objetivos del PEN 2050, debido a que los retos que enfrentará el sector minero energético colombiano en el mediano y largo plazo demandarán una mayor participación de las empresas privadas en la financiación de actividades de CTel a través de convenios interadministrativos vinculantes, además de asegurar que los recursos provenientes de regalías y destinados para tal fin se inviertan en los temas prioritarios y de interés nacional en CTel.

Adicionalmente, en Colombia el sistema de protección de la propiedad industrial a cargo de la Superintendencia de Industria y Comercio es poco utilizada, por este motivo han surgido las iniciativas de los Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación - CATI y el Aula de Propiedad Industrial - API, con el objetivo de acercar la información y conocimiento del sistema a los inventores. La consolidación de dichas iniciativas y la apropiación por parte de las empresas de



un portafolio de gestión de propiedad industrial jugarán un papel muy importante para incentivarla creación de productos y servicios que generen mayor valor agregado en el sector minero energético.

Dentro de las acciones identificadas que deberán emprenderse en los próximos años para diseñar una política en CTel robusta e incluyente se encuentran las presentadas en la Figura 49:



Figura 52 Esquema de Trayectoria – Conocimiento e Innovación.

Fuente: Elaboración propia

5.2.6 Análisis de las trayectorias

Una de las quejas manifestadas por los actores del sector, especialmente los directamente involucrados con CTel, es que no cuentan con los recursos económicos para realizar sus actividades de investigación. Si bien, el país cuenta con un fondo destinado para tal fin, es difícil acceder a los recursos, por desconocimiento del sistema o porque los trámites administrativos resultan muy engorrosos. Situación que ha derivado en que convocatorias como la de Beneficios Tributarios publicada por Colciencias no logren llenar sus cupos. Por otra parte la distribución de los recursos de regalías en Ciencia y Tecnología debe ser aprobada por entes gubernamentales regionales, cuyos intereses en la mayoría de las ocasiones no están alineados con planes de largo plazo y terminan obedeciendo a intereses particulares y cortoplacistas. En



este sentido es necesario realizar una evaluación integral a la política de financiamiento de CTel, donde además de los recursos públicos se vinculen las empresas por intermedio de inversiones obligatorias de un porcentaje de sus utilidades.

La articulación de las necesidades de las empresas, los temas prioritarios para el Estado, y la investigación realizada por la academia, sigue siendo una de las grandes brechas a enfrentar en el corto y mediano plazo. Una de las acciones propuestas para enfrentar esta brecha es la consolidación de las redes de I+D+i nacionales e internacionales, donde se involucren las empresas, las universidades, los Centros de Desarrollo Tecnológico –CDTs-, y demás actores involucrados, buscando beneficios para la sociedad en general. Para lograrlo es necesario que la dinámica de las Universidades reaccione rápidamente a las necesidades del sector, fortalecer las capacidades de los CDTs, y que el sector privado pueda ver en las actividades de I+D+i una inversión y no un gasto.

Otro aspecto a considerar, es que para incentivar la innovación en el país la legislación no puede convertirse en un obstáculo, puesto que las tecnologías innovadoras y los nuevos modelos de negocio, generan cambios repentinos para los reguladores, quienes generalmente no están preparados o no cuentan con un medio que les permita detectar tendencias, por lo cual, se suelen plantear soluciones de manera reactiva. Por este motivo, se deben dar señales desde el planeador, entendiendo y adelantándose a los cambios que podrían generarse alrededor de los negocios del sector. Una forma de hacer esto es estableciendo un Observatorio de Energía encargado de identificar dichas tendencias y generar las señales adecuadas, permitiendo adelantar las acciones correspondientes.

5.2.7 Esquema resumen

En la Figura 50 se muestra un esquema resumen de la formulación de trayectorias para contar con el conocimiento y la innovación para el desarrollo del sector.



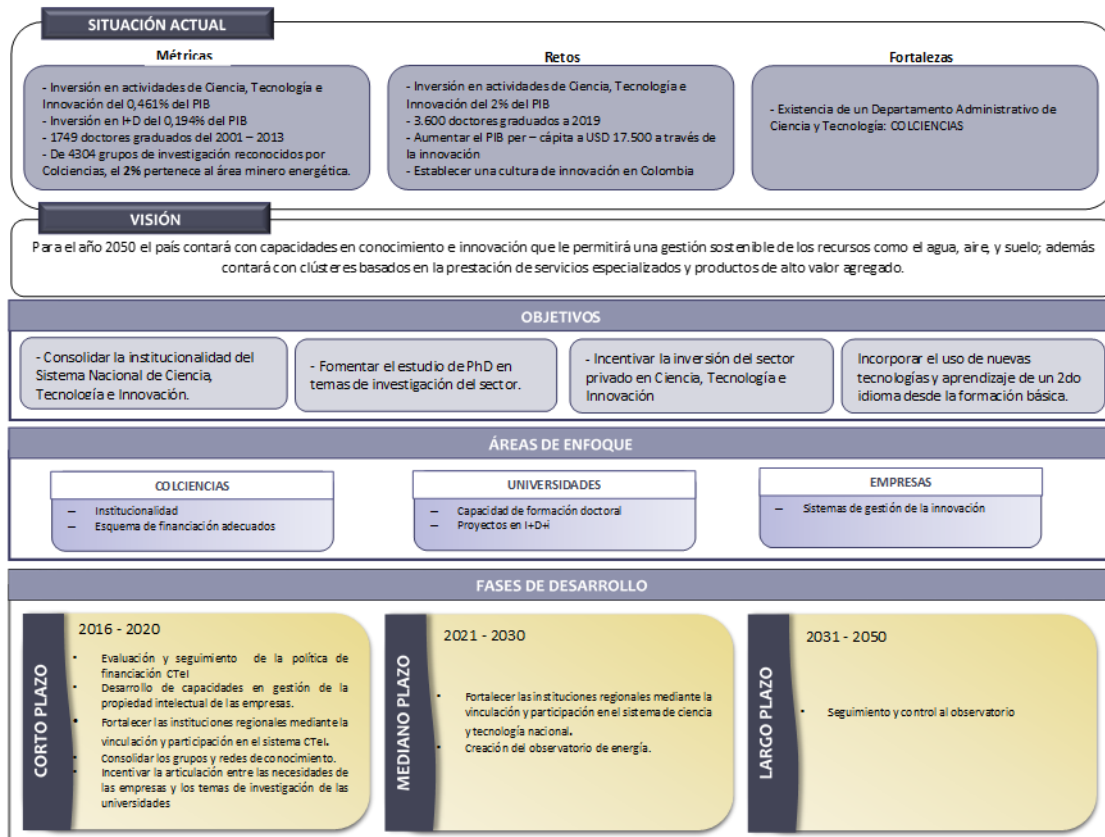


Figura 53 Esquema mapa de ruta Conocimiento e Innovación

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.

5.3 Estructuración del mapa de ruta para capital humano

5.3.1 Situación actual capital humano del sector energético

El documento CONPES 3674 de 2010 presenta los lineamientos de política para el fortalecimiento del Sistema de Formación de Capital Humano (SFCH), cuyo marco político se encuentra en el documento Visión Colombia 2019. En el capítulo 4, bajo la estrategia “cerrar las brechas sociales y regionales” se plantea corregir la heterogeneidad, baja calidad, la dispersión de los currículos y consolidar el Sistema Nacional de Formación para el Trabajo – SNFT. Esto buscando la igualdad de oportunidades en términos educativos.

El Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 “Todos por un nuevo país” tiene como pilares la paz, la equidad y la educación. Este último, como el instrumento más poderoso de igualdad social y crecimiento económico en el largo plazo, “con una visión orientada a cerrar brechas en acceso y calidad al sistema educativo, entre individuos, grupos poblacionales y entre regiones, acercando al país a altos estándares internacionales y logrando la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos”.



En la caracterización y diagnóstico de formalización y formación de capital humano para el sector minero Colombiano, formulado por la UPME, plantean que el SFCH debe permitir mejorar la competencia y la competitividad, cerrar las brechas existentes entre los diferentes niveles educativos e impulsar el desarrollo nacional.

En el país a 2013, las áreas de mayor oferta en formación inicial son ventas y servicios con 2.664 programas, que corresponden al 23,8% del total nacional, finanzas y administración con una participación del 22,8% equivalente a 2.551 programas y operación de equipos de transporte y oficios que corresponde al 18,4 % ofreciendo 2.064 programas a nivel nacional. La oferta nacional para el área de explotación primaria y extractiva alcanza un porcentaje del 2,1% (239 programas).

Por otra parte, se viene trabajando en el Programa de Transformación Productiva (PTP), quien tiene como uno de sus ejes el Capital Humano, enfocados en dos grandes líneas: anticipar las necesidades de capital humano y coordinar una respuesta interinstitucional en las regiones ante la demanda de capital humano. En conjunto con diferentes empresas de los sectores de minería, agricultura, vivienda, infraestructura e innovación, ha trabajado en la identificación de las necesidades de formación de capital humano.

Aun cuando existe un interés por cerrar las brechas entre lo ofrecido por las Instituciones de Educación Superior (IES) y lo demandado por los sectores productivos, en lo que respecta al sector minero energético, no existe un estudio que determine cuál es la demanda de capital humano, tanto actual como futura para el sector. Sin embargo, se tiene la percepción de que existirá un déficit de profesionales. Medios de comunicación² manifiestan la preocupación por la poca disponibilidad de mano de obra en el sector minero energético. De los 35.000 graduados del país entre 2002 y 2012, el 1,7% estudió carreras relacionadas con el sector. El SENA, en la “Caracterización del sector eléctrico colombiano” (2013) manifiesta que el país no cuenta con la oferta suficiente de capital humano en las áreas de ingeniería eléctrica y afines.

En un estudio realizado por KEMA – CENERGÍA (2012)³ calculan que se requieren a 2020 cerca de 205 doctores y 359 Magíster para el desarrollo de proyectos FNCE y EE.

La UPME, en una presentación realizada en el Encuentro Capital Humano para la Competitividad Minero – Energética (2012), señala que se tiene una oferta reducida de profesionales en ingeniería eléctrica, además de envejecimiento de los profesionales. Además, considera que se tienen las necesidades de capital humano en la industria de hidrocarburos mostradas en la Figura 51.

² El País. Nov, 2014. <http://www.elpais.com.co/elpais/colombia/noticias/sector-minero-energetico-con-pocos-profesionales-colombia>

³ “Plan de Ciencia Tecnología e Innovación para el desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia”





Figura 54 Áreas de interés en la industria de hidrocarburos

Fuente: Encuentro Capital Humano para la Competitividad Minero – Energética (2012)

El SENA, en su estudio de “Caracterización del sector eléctrico colombiano” (2013) declara algunos aspectos a considerar en el desarrollo de acciones que permita asegurar el talento humano que responda a la evolución del sector.

En cuanto a la oferta existente de profesionales, se ha consultado el Sistema de Información del Observatorio Laboral para la educación, y la Gran Encuesta Integra de Hogares (GEIH).

El Observatorio permite generar información acerca de las características de la oferta laboral e identificar las necesidades de recurso humano para el país como en la Figura 52. Éste presenta, para el sector locomotora Minero – Energético, un número de graduados de 111,468, desde el 2001 al 2013, representando el 4.1% del total de graduados.



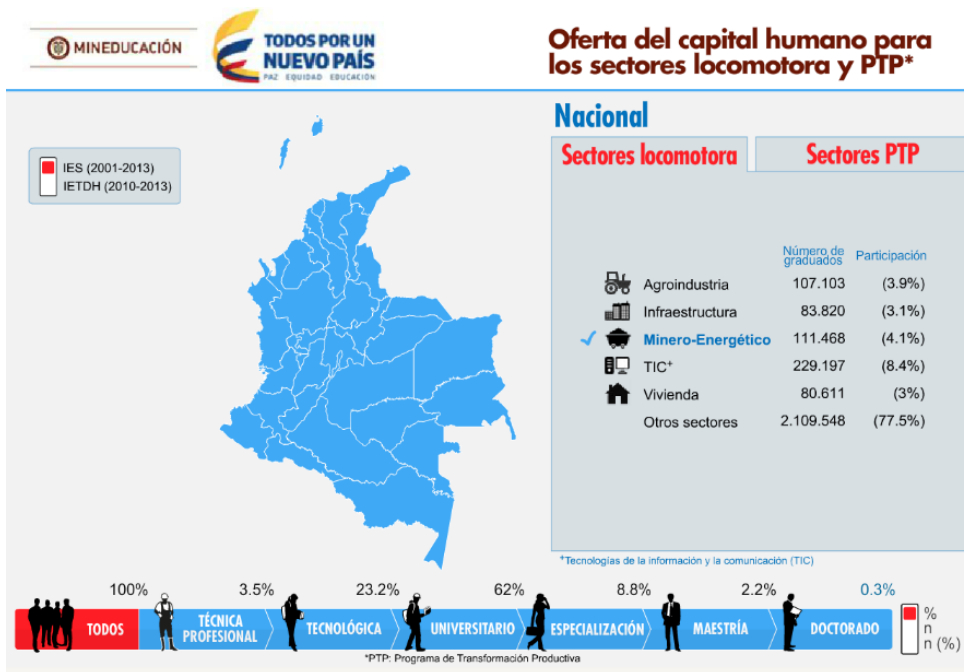


Figura 55 Oferta de capital humano para los sectores locomotora y PTP

Fuente: Observatorio Laboral

De estos 111.468 profesionales, el 23.2% tuvieron una formación tecnológica y el 62% una formación profesional, mientras que el 2.2% fueron magister y sólo el 0.3% tuvieron una formación doctoral. En la Figura 53 se muestran los programas con mayor número de graduados en el año 2013.

TOP 10 PROGRAMAS	
Programa	Número de Graduados
Ingeniería mecánica	17,351
Ingeniería química	10,431
Ingeniería ambiental	9,124
Ingeniería eléctrica	7,672
Tecnología en electromecánica	4,544
Especialización en gestión ambiental	4,076
Ingeniería de petróleos	3,900
Química	3,867
Tecnología en control ambiental	3,380
Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial	2,652

Figura 56 Programas TOP – 2013

Fuente: Observatorio Laboral

Si se analiza las carreras profesionales directas como la ingeniería eléctrica, ingeniería de petróleos y la ingeniería de minas, se observa que el número de profesionales graduados, viene incrementando cada año, tal como se presenta en la Figura 54.



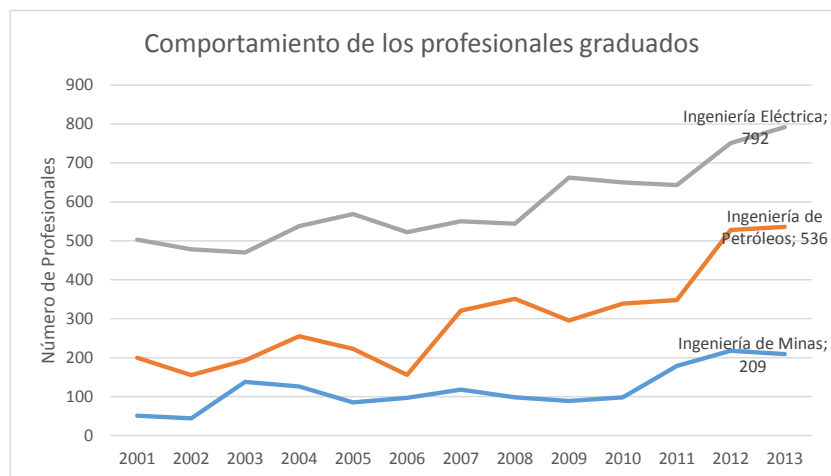


Figura 57 Evolución de graduados en ingenierías de interés 2001 -2013

Fuente: Elaboración propia a partir del Observatorio Laboral

El observatorio señala que se ofrecen cerca de 350 programas entre técnicos, tecnólogos, universitarios y de postgrado que tiene que ver directamente con el sector minero energético. El número de universidades que ofrecen estos programas se muestran en la Tabla 20 clasificados por temáticas.

Tabla 20 Universidades que ofrecen los programas del sector

Fuente: Observatorio Laboral

TEMAS	# Universidades
Geología, otros programas de ciencias naturales	14
Ingeniería ambiental, sanitaria y afines	95
Ingeniería de minas, metalurgia y afines	15
Ingeniería eléctrica y afines	34
Ingeniería electrónica, telecomunicaciones y afines	105

La GEIH (2014) reporta el número de profesionales laborando según la CIUO-08 (Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones – 2008). Con el fin de consultar los profesionales del sector minero energético, se analizaron las siguientes categorías:

1. Extracción de carbón y lignito; extracción de turba.
2. Extracción de petróleo crudo y gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y gas, excepto las actividades de prospección.
3. Extracción de minerales metalíferos.
4. Explotación de otras minas y canteras.
5. Fabricación de Productos de Coque.
6. Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente.
7. Captación, depuración y distribución de agua.



El número de profesionales dedicados a trabajar en el sector minero energético, reportados por la encuesta es de aproximadamente 12.409. Vale la pena anotar que el número que se obtiene a partir de la GEIH, para el segmento de interés, no tiene representatividad estadística y corresponde a la muestra que toma el DANE; en este sentido, es posible que ciertas poblaciones estén sub-representadas. No obstante, se presentarán los resultados de esta fuente.

Con respecto al número de profesionales en actividades relacionadas con el sector minero energético se tiene la distribución de la Tabla 21:

Tabla 21 Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería – 2014
Fuente: Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH - 2014

CATEGORÍA	Número	% Dist
Profesionales de la Ciencia e ingenierías (Total)	12.409	
1. Extracción de carbón y lignito; extracción de turba	1.798	14,5%
2. Extracción de petróleo crudo y gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y gas, excepto las actividades de prospección	1.747	14,1%
3. Extracción de minerales metálicos	1.581	12,7%
4. Explotación de otras minas y canteras	449	3,6%
5. Fabricación de Productos de Coque	681	5,5%
6. Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente	4.064	32,8%
7. Captación, depuración y distribución de agua	2.089	16,8%

Como se puede observar en Tabla 22, la edad media de los profesionales en el sector es de 45 años. La profesión donde los profesionales tienen mayor edad es la de Explotación de minas y canteras con una edad promedio de 52 años. La fabricación de productos de coque tienen los profesionales más jóvenes con una media de 38 años.

Tabla 22 Profesionales de la Ciencia y la Ingeniería clasificación por edad – 2014
Fuente: Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH - 2014

CATEGORÍA	Edad Media	Edad Min	Edad máx
Profesionales de la Ciencia e ingenierías (Total)			
1. Extracción de carbón y lignito; extracción de turba	44	23	71
2. Extracción de petróleo crudo y gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y gas, excepto las actividades de prospección	40	26	49
3. Extracción de minerales metálicos	42	28	68
4. Explotación de otras minas y canteras	52	32	63
5. Fabricación de Productos de Coque	38	27	52
6. Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente	42	25	64
7. Captación, depuración y distribución de agua	44	27	65



El rango salarial de los profesionales en el sector minero se observa en la Tabla 23, el cual oscila entre los \$800.000 a los \$10 millones, de estos la media salarial más alta la tienen los profesionales especializados en la extracción de petróleo, crudo y gas.

Tabla 23 Profesionales de Ciencia e Ingeniería clasificados por salario – 2014

Fuente: Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH - 2014

CATEGORÍA	Salario Medio	Salario Min	Salario máx
<i>Profesionales de la Ciencia e Ingenierías (Total)</i>	\$4.468.467	\$896.542	\$8.040.392
1. <i>Extracción de carbón y lignito; extracción de turba</i>	\$3.285.154	-	\$7.070.054
2. <i>Extracción de petróleo crudo y gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y gas, excepto las actividades de prospección</i>	\$7.288.626	\$4.155.401	\$10.421.851
3. <i>Extracción de minerales metalíferos</i>	\$5.381.842	\$1.268.397	\$9.495.287
4. <i>Explotación de otras minas y canteras</i>	\$1.894.337	\$894.047	\$2.894.627
5. <i>Fabricación de Productos de Coque</i>	\$5.891.960	\$4.362.581	\$7.421.339
6. <i>Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente</i>	\$5.225.390	\$1.744.118	\$8.706.662
7. <i>Captación, depuración y distribución de agua</i>	\$1.941.966	\$1.093.242	\$2.790.690

El salario según el ciclo educativo es de \$1.2 millones para los técnicos y tecnólogos, \$3.2 millones para los profesionales con pregrado, y \$5.4 millones para los profesionales con postgrados, como se puede observar en la Tabla 24.

Tabla 24 Salario medio de profesionales según ciclo profesional – 2014

Fuente: Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH - 2014

CICLO	Salario Medio
Técnico/tecnológicos	\$ 1.240.750
Pregrado	\$ 3.192.105
Posgrado	\$ 5.406.784

Finalmente, al ver la distribución geográfica de profesionales que se observa en Tabla 25 se puede determinar que a pesar de que Bogotá tiene el mayor número de profesionales en el sector, porcentualmente, Santander tiene la mayor concentración de profesionales trabajando en el sector minero energético.



Tabla 25 Análisis de profesionales por departamento – 2014
 Fuente: Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH – 2014

DEPARTAMENTO	Pob ocupada de acuerdo a la GEIH	Pob total ocupada	% Concentración
Antioquia	1.829	1.779.426	0,103%
Bogotá	2.623	4.186.000	0,063%
Atlántico	381	812.711	0,047%
Santander	754	563.502	0,134%
Norte de Santander	240	344.946	0,070%
Meta	151	202.130	0,075%
Bolívar	470	416.427	0,113%
Valle del Cauca	416	1.142.281	0,036%
Resto	5.545	12.055.901	0,046%
Total	12.409	21.503.323	

Debido a las exigencias del sector, se requiere que los profesionales alcancen un buen nivel de inglés. Este es un tema que trasciende a toda los sectores de la economía y que se debe trabajar con el objetivo de alcanzarlo a mediano y largo plazo.

Actualmente el país se encuentra en un nivel Bajo, según el índice EF – EPI (Índice de dominio de inglés EF), en comparación con los otros países, como se observa en la Figura 55.

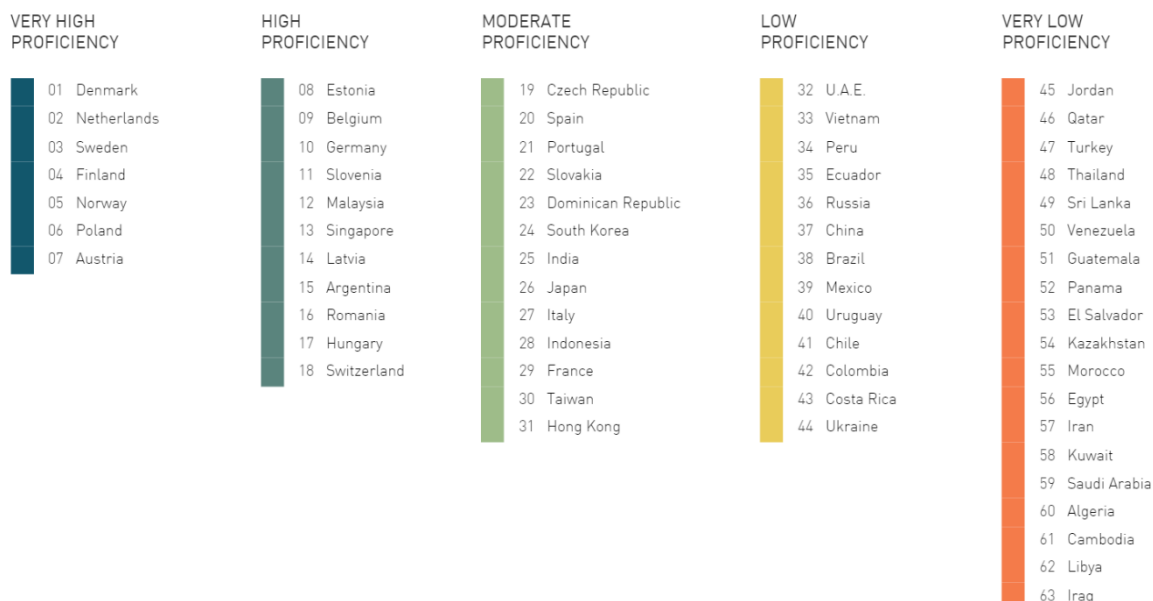


Figura 58 Índice de Dominio de Inglés mundial para el 2014

Fuente: www.ef.com.co

5.3.2 Visión

Se espera que el capital humano responda a las cambiantes necesidades productivas y laborales del país dentro del sector. Adicional a esto se debe trabajar en incorporar el uso de



nuevas tecnologías de información y comunicación desde la formación básica y en estrategias de largo plazo para tener un país bilingüe.

Se tendrán entidades regionales fortalecidas en aquellos municipios donde la actividad minero energética tiene alta presencia, y se introducirán incentivos a la inversión privada en centros de formación (educación técnica y tecnológica) afines al área de interés de la industria.

A 2050 se contará con un sistema integrado entre Centros de Innovación Educativa Nacional – CIEN, Centros de Innovación Educativa Regional – CIER, instituciones de educación superior, y el sector productivo con miras a la formulación y adopción de programas, creación de centros de investigación y desarrollo de investigación aplicada en nuevas tecnologías que satisfagan las necesidades del sector.

5.3.3 Cuellos de botella

En miras de alcanzar este objetivo, se han identificado las siguientes restricciones o cuellos de botella:

- No existe la suficiente oferta de profesionales universitarios y técnicos en el sector.
- Se tiene un nivel muy bajo de profesionales con postgrados.
- No hay un interés por las nuevas tecnologías de información y comunicaciones desde la formación básica.
- El nivel de inglés, a nivel de país, es bajo.

5.3.4 Retos del sector energético en términos del recurso humano

- Desarrollar los programas técnicos y profesionales que requiere el sector para su desarrollo
- Desarrollar las capacidades técnicas requeridas para el desarrollo futuro del sector en el recurso humano existente y en el nuevo recurso humano del sector.

5.3.5 Definición de trayectorias

Una vez establecida la visión del sector con relación al capital humano, e identificado los principales cuellos de botella que se tienen con referente a este aspecto, se propone como un lineamiento estratégico el fortalecer las capacidad de talento humano.

Dada las condiciones actuales, y lo que se quiere de Colombia a 2050, esta capacidad debe estar enfocada al uso de nuevas tecnologías de información y comunicación, además del fortalecimiento de los programas de educación actuales, alineados a las exigencias del sector.

Considerando los nuevos retos que enfrenta el sector, como la investigación en nuevas tecnologías para los diferentes energéticos, la eficiencia energética, la gestión eficiente de operación, la explotación de nuevos recursos como el gas esquisto, el desarrollo de las fuentes



no convencionales de energía, la transformación de la matriz energética, entre otros, se hace indispensable la evaluación de nuevos programas académicos, además de la implementación de investigación aplicada dirigida a los tópicos mencionados.

El equipo consultor ha identificado las siguientes acciones que conforman las trayectorias para definir el mapa de ruta a 2050, las cuales se muestran en la Figura 56 y la Figura 57.

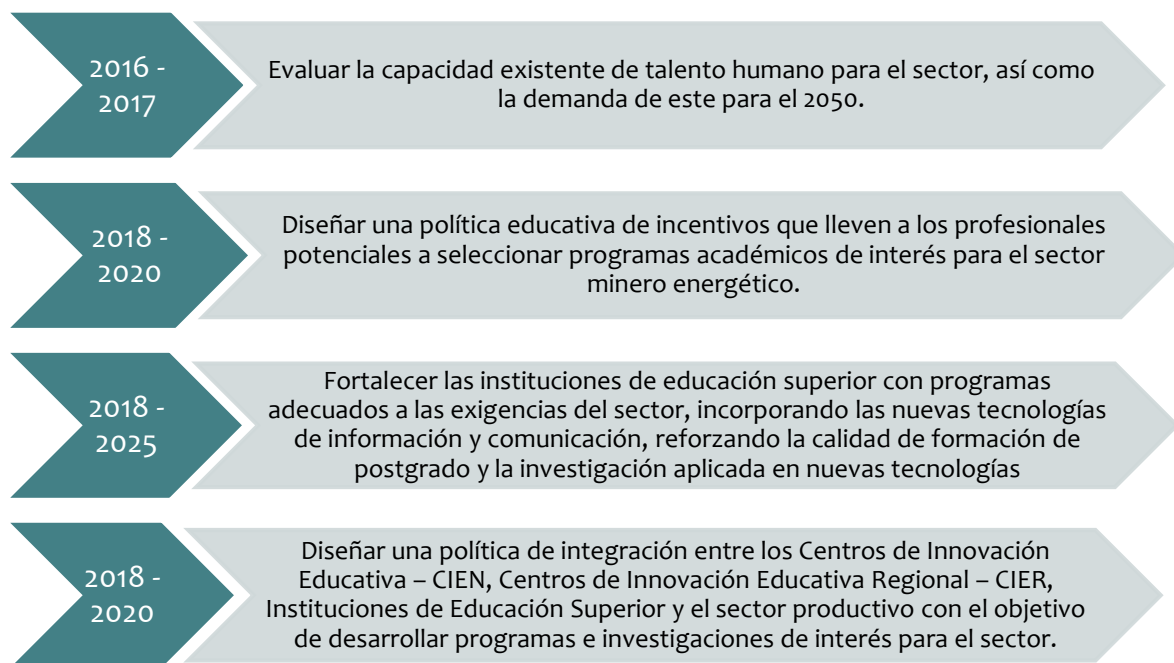


Figura 59 Esquema de Trayectoria 1 – Capital Humano

Fuente: Elaboración propia



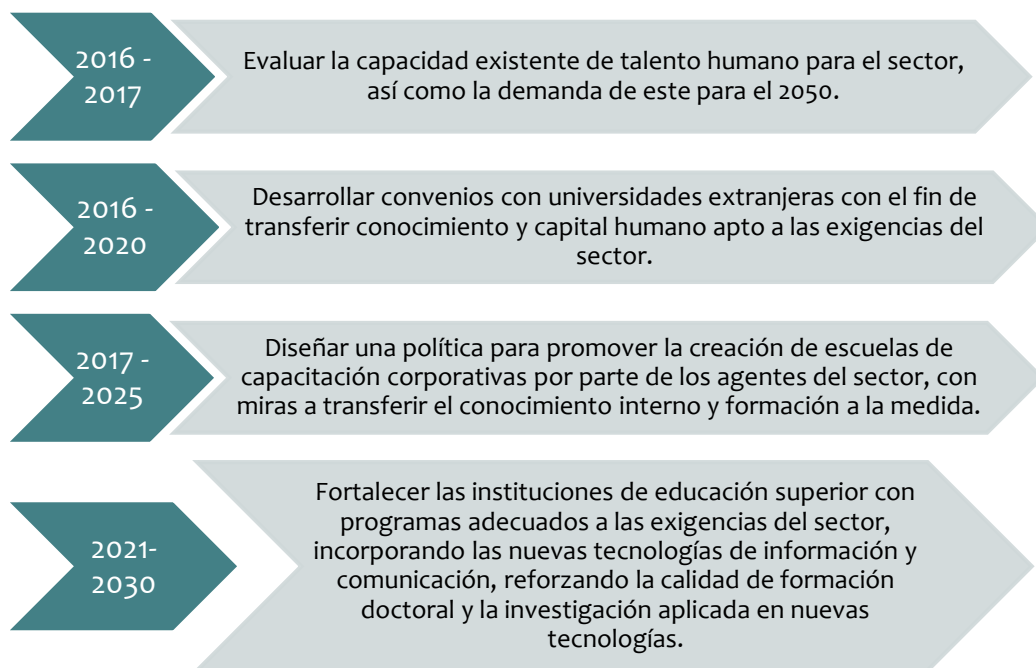


Figura 60 Esquema de Trayectoria 2 – Capital Humano

Fuente: Elaboración propia

5.3.6 Análisis de las trayectorias

Teniendo en cuenta que el punto al que se quiere llegar es contar con una oferta de talento humano suficiente para cumplir con las exigencias del sector, y que actualmente sólo se tiene percepciones de un déficit de oferta en los diferentes frentes del sector minero energético, se propone que la primera acción a realizar sea la de evaluar la capacidad existente de talento humano para el sector, así como la demanda de éste para el 2050.

Este diagnóstico debe determinar la condición actual de oferta y demanda de profesionales; además de ello, las condiciones de esta oferta, es decir, si cumple con las expectativas del sector y de no serlo, determinar las áreas que se debe fortalecer. Para este diagnóstico, se debe considerar las expectativas de crecimiento del sector, junto con sus lineamientos estratégicos y evaluar si se tiene la capacidad en instituciones, programas académicos y oferta laboral para cumplir con los requerimientos a 2050.

Una vez identificado la necesidad de nuevos profesionales se propone realizar las acciones para cubrir los requerimientos. Para esto se propone formar internamente los profesionales o importar el capital humano. Para la formación se propone diseñar una política de incentivos, vía becas con destinación a programas específicos de interés para el sector. Estas becas pueden gestionarse vía Colciencias. La importación de capital humano, se propone a partir de la creación de convenios con universidades de alto nivel académico del exterior, que ofrezcan programas de interés para el sector minero energético colombiano. Estos convenios se desarrollarían desde el Ministerio de Educación Nacional.



A partir del diagnóstico inicial, y considerando el futuro del sector minero energético, se propone fortalecer las instituciones educativas. Para esto se plantea incorporar el uso de nuevas tecnologías de información y comunicación desde la formación básica, así como la creación de nuevos programas académicos o modificación de los existentes, con el fin de atender las exigencias del sector en los lineamientos estratégicos establecidos. Además de esto, se propone fortalecer los programas de maestría y doctorales con mira a desarrollar sus investigaciones aplicadas en las nuevas tecnologías.

Esta acción estaría acompañada del fortalecimiento de entidades regionales como el SENA para formar técnicos y tecnólogos cerca a los centros de producción de los energéticos y de esta forma involucrar a la población en el desarrollo de los proyectos.

Así mismo, de una política de integración entre los CIEN, CIER, IES y el sector productivo, de tal forma que se formulen y adopten programas e investigaciones que responden a las necesidades del sector.

Una acción alterna sería estimular la creación de escuelas de capacitación por parte del sector productivo, con el fin de capacitar a los profesionales en los temas de interés para el sector. Bajo esta modalidad se garantiza la transferencia del conocimiento interno de la empresa.

Esta última acción también estaría acompañada del fortalecimiento de las instituciones de educación superior, sólo que sería una acción a mediano plazo.

5.3.7 Esquema resumen

Lo anterior se resume en el esquema de la Figura 58.



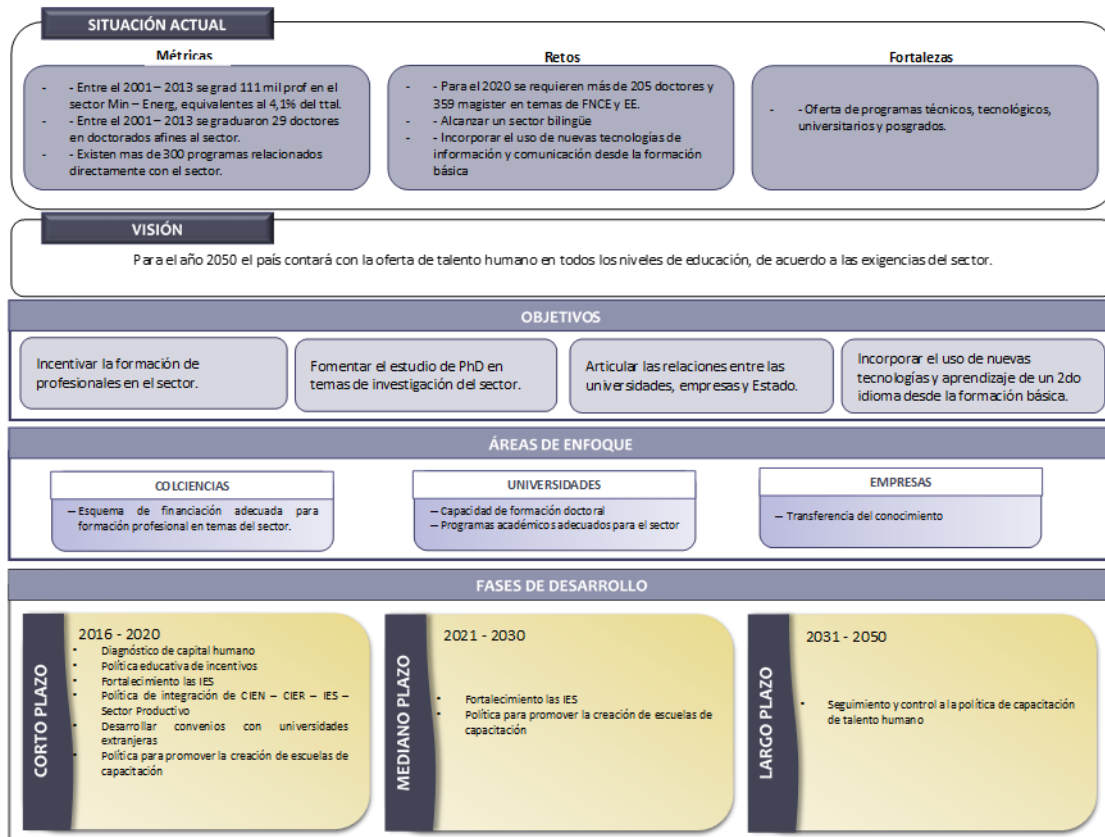


Figura 61 Esquema mapa de ruta Capital humano

Adaptación de Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012. Céspedes R., Parra E., A Aldana.



6 RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DELPHI

El método Delphi es la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos, a través de la indagación anónima, con el fin de establecer consenso sobre acontecimientos futuros. (Godet, 1993).

Para el presente estudio, la invitación para participar del cuestionario, fue enviada vía correo electrónico a 209 expertos en los diferentes sectores en todo el país, el cuestionario se encuentra disponible en una plataforma electrónica, URL: <https://es.surveymonkey.com/r/mapasderutapen>, la cual estuvo abierta hasta el 6 de noviembre de 2015.

Los encuestados son representantes de cada uno de los siguientes colectivos:

- Profesionales del sector académico relacionados con el sector energético.
- Representantes de organizaciones empresariales pertenecientes al sector minero energético (hidrocarburos, sector eléctrico, sector minero, etc.)
- Representantes de áreas relacionadas con el capital humano en organizaciones empresariales del sector.
- Representantes de organizaciones gubernamentales.
- Representantes de organizaciones gremiales del sector.
- Representantes de áreas relacionadas con CTel en organizaciones empresariales del sector.
- Representantes de empresas consultoras.

La participación de los expertos por campo de conocimiento se muestra en la Figura 59, donde resulta evidente la participación en forma predominante de expertos relacionados con el sector de energía eléctrica representando el 65 % de la muestra, el 35 % restante se encuentra distribuido entre expertos del sector gas, petróleo y carbón, además de los expertos clasificados en los temas de talento humano, e información y telecomunicaciones quienes representan el 4 %.



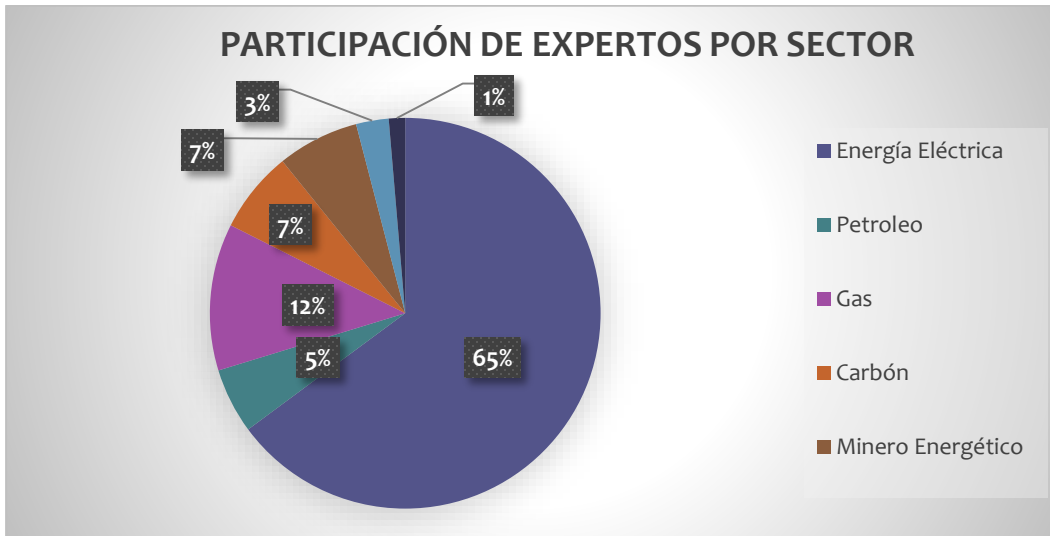


Figura 62 Distribución por campo de conocimiento de los expertos

Fuente: Elaboración propia

La ciudad de ubicación de los expertos se concentra en Bogotá y Medellín con 40% y 45% respectivamente. Otras ciudades con participación son Barranquilla, Cali, Bucaramanga entre otras. Ver Figura 60.

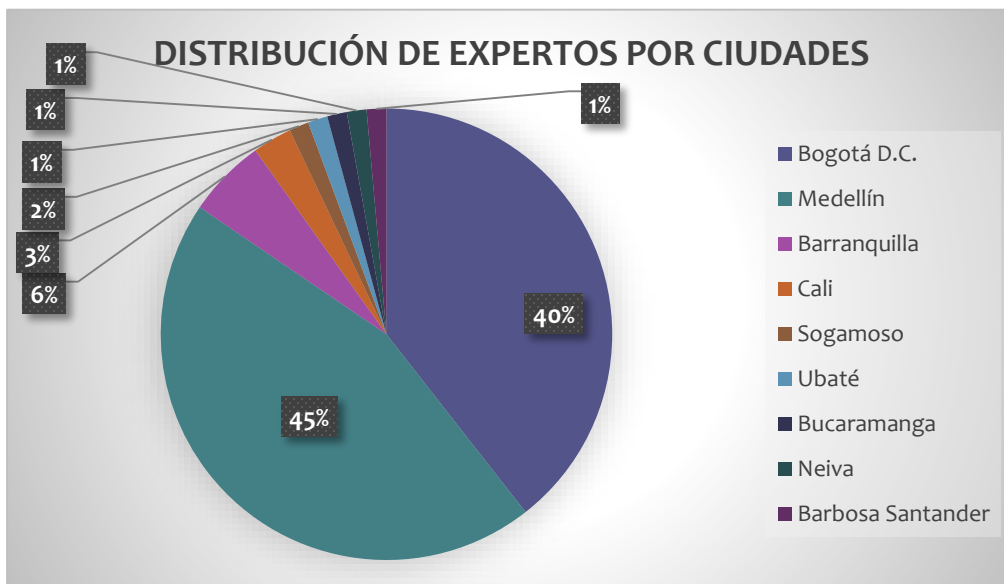


Figura 63 Localización de los expertos.

Fuente: Elaboración propia



El Cuestionario fue contestado por 71 expertos de los 209 a los que se les envió inicialmente, obteniendo una participación del 34%.

El listado de expertos participantes en el ejercicio Delphi se presenta en la Tabla 26 :

Tabla 26 Nómina de Expertos

Fuente: Elaboración propia

	Nombre	Cargo	Entidad	Categoría
1	Alberto Martínez Orozco	Director Eléctrico	INGENIERÍA & DISEÑO S.A.	Experto
2	Alejandro Gutiérrez Gómez	Especialista proyectos corporativos	ISA	Experto
3	Alfonso Escobar	Director	FEDECUNDI	Experto
4	Alfonso Gómez Nariño	Director Licitaciones Y Exportaciones	PROCABLES SAS CI	Experto
5	Ana María Calle López	Consultor	Consultor Independiente	Experto
6	Andrés Jaramillo Vélez	Ejecutivo Sénior de Nuevos Negocios	XM S.A. ESP	Experto
7	Andrés Yabrudy	Presidente	GECELCA S.A. E.S.P.	Experto
8	Ángela Inés Cadena	Profesora Asociada	Universidad de los Andes	General
9	Ariel Núñez Suarez	Gestor Comercial	INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.	Experto
10	Blanca Liliana Ruiz Arroyave	Directora Regulación Energía	EPM	Experto
11	Carlos Ariel naranjo	Director Ejecutivo	CIDET	Experto
12	Carlos Arturo Lozano Moncada	Decano de la Facultad de Ingeniería	Universidad del Valle	Experto
13	Carlos Eduardo García Sánchez	Líder de Área de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas	Experto
14	Carlos Jaime Franco Cardona	Profesor Titular	Universidad Nacional de Colombia	Experto
15	Carlos Martínez	Asesor Dirección Energía Eléctrica	Ministerio de Minas y Energía	Experto
16	Carlos Ramón Castañeda S	Director de Proyectos	GASES DEL SUR DE SANTANDER S.A. E.S.P.	Experto
17	Cesar Cabrera	Gerente General	Dexson Electric	Experto
18	Claudia Patricia Bedoya Ríos	Directora Regional	UPSTREAM SAS	Experto
19	David Galeano	Profesional Regulación, Transacciones y Mercado de Energía	EPM	Experto
20	Diego A. Grajales	Profesional de Regulación y Ambiental	Acolgen	Experto
21	Diego Gómez	Director	ECSIM	Experto
22	Diego Humberto Montoya Mesa	Director PlaneaciónT&D	EPM	Experto
23	Edmundo Parra Contreras	Director de Proyectos de Compresoras	Transportadora de Gas Internacional S.A. ESP	Experto
24	Edwin Cruz Caballero	E. Gestión Regulatoria	CENIT	Experto
25	Erika Arenas	Docente	Universidad Pontificia Bolivariana	Experto
26	Ernesto Cantillo García	Ingeniero de Proyectos	GECELCA S.A.	Experto
27	Gabriel Martínez Aparicio	Director de Planeación y Presupuesto	Gases del Caribe	Experto
28	Germán González	Profesional Especializado	Ministerio de Minas y Energía	Experto
29	Gustavo Ramos	Profesor Asociado	Universidad de los Andes	Experto



	Nombre	Cargo	Entidad	Categoría
30	Hugo Aguilar Suarez	Gerente	Intelnet Ingeniería Ltda.	Experto
31	Hugo Enrique Rodríguez Rodríguez	Representante Legal Suplente	VIDA GAS POR NATURALEZA S.A. ESP	Experto
32	Inés Helena Vélez Pérez	Vicepresidente Transmisión y Distribución	EPM	Experto
33	Iván Camilo Díez	Analista Energía	IEB	Experto
34	Jaime Alberto Blandón Díaz	Gerente	Ingeniería especializada s.a.	Experto
35	Jaime Mauricio Concha Prada	Vicepresidente de Minería, Hidrocarburos y Energía	ANDI	Experto
36	Jaime Posada Caicedo	Líder Líneas de Transmisión	IEB S.A.	Experto
37	Javier Rivera Polanía	Profesional	Transoccidente	Experto
38	Jorge Barrientos	Profesor	Universidad de Antioquia	Experto
39	Jorge Bendeck Olivella	Presidente	Fedebiocombustibles	Experto
40	Jorge Cifuentes Valenzuela	Profesor Investigador	Universidad Antonio Nariño	Experto
41	Jorge Enrique Arango Botero	Especialista en Innovación	INTERCONEXIÓN ELECTRICA S.A - ISA	Experto
42	Jorge Enrique Gómez Castro	Especialista Planeación	XM	Experto
43	Jose Dariel Arcila	Gerente de Infraestructura	IEB	Experto
44	Jose Vicente Camargo Hernández	Director Ejecutivo	COCIER	Experto
45	Juan David Molina Castro	Consultor	INDEPENDIENTE	Experto
46	Juan David Ramírez Arroyave	Líder Sénior de Proyectos Mineros	Sator SAS	Experto
47	Juan Manuel Trillos González	Experto Diseño de Infraestructura	Ingeniería Especializada S.A.	Experto
48	Juan Manuel Valdés Barcha	Director Sistema Nacional De Formación Para El Trabajo	SENA	Experto
49	Luis Eduardo Valencia Montoya	Jefe Unidad Gestión Ambiental y Socia T&D Energía	EPM	Experto
50	Luis Gabriel Chiquillo Díaz	Director Ejecutivo	Fenalcarbon	Experto
51	Luis Guillermo Vélez Álvarez	Presidente. Investigador	Fundación ECSIM	Experto
52	Luisa Fernanda López Urrea	Gerente Compras de Energía - Gas	Gas Natural Fenosa	Experto
53	Manuel J García Suárez	Gerente	VERITEST LTDA	Experto
54	Marcela Bonilla	Asesora ambiental	UPME	Experto
55	Marcela Quijano	Profesional Experto Regulación	Emgesa	Experto
56	Marco Tulio Carvajal	Secretario Comité Ejecutivo	Consejo Colombiano de Eficiencia Energética	Experto
57	Mauricio Correa Ramírez	Analista	Ingeniería Especializada S.A	Experto
58	Mauricio De La Mora Rodríguez	Presidente	ANH	Experto
59	Mónica Isaza	Coordinadora ambiental	ANDESCO	Experto
60	Ramón León	Especialista proyectos corporativos	ISA	Experto



	Nombre	Cargo	Entidad	Categoría
6 1	Raúl Ávila	Dirección Regulación	CENIT	Experto
6 2	Rodrigo Castellanos	Gerente General	DERIVEX S.A	Experto
6 3	Santiago Acosta Maya	Gerente: Desarrollo e Innovación	EPM	Experto
6 4	Santiago Ángel	Presidente	ACM	Experto
6 5	Santiago Arango Aramburo	Profesor	Universidad Nacional de Colombia	Experto
6 6	Santiago Cardona Munera	Gerente cadena abastecimiento	Mineros S.A.	Experto
6 7	Sara Catalina Cárdenas Castillo	Subdirectora de Minería	UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA	Experto
6 8	Víctor Raúl Rojas Arias	Jefe de Planeación	ALCANOS DE COLOMBIA	Experto
6 9	Walter Bolaños	Director Comercial	SODINLEC LTDA	Experto
7 0	Walter Navarro Giraldo	Profesional de Regulación y Mercados	Empresas Públicas de Medellín	Experto
7 1	William Giraldo Jiménez	Gerente Generación Región	EPM	Experto

Los resultados arrojados por la consulta a expertos vía método Delphi, dan cuenta de aspectos económicos, regulatorios, tecnológicos, productivos y de infraestructura para la cadena de valor del sector energético, al igual que por los sistemas de información, la innovación y el capital humano requerido para la gestión y generación de conocimiento. A continuación se presenta un resumen de los resultados, los cuales se encuentran en extenso en el Anexo C Cuestionario Delphi.

Los expertos consideran que el sector mantendrá a mediano y largo plazo sus niveles de producción y generación, manteniendo el aporte al PIB nacional entre el 4 y 7.9% en el caso de hidrocarburos y se confía en mantener el nivel de exploración y nuevos hallazgos, crecimiento anual en el corto plazo entre el 1% y el 5% para el carbón, se considera un incremento de la demanda de energía eléctrica entre el 0% y el 5% y con expectativas de disminución en el precio de los contratos. Los expertos consideran que en el corto plazo, las acciones en el mercado eléctrico se deben enfocar en: gestión de la demanda, universalización del servicio y el Mercado Organizado para demanda Regulada - MOR.

La matriz de generación del país, según el grupo de expertos, presenta leves modificaciones al mediano y largo plazo, con un dominio de más del 50% de la generación hidráulica y aumento en la participación de las FNCE hasta del 15% a costas de la disminución de hidráulica, ACPM y carbón.

Consideran los expertos encuestados, que la regulación juega un papel importante en la estabilidad de la cadena de valor de hidrocarburos, extracción, transporte y refinación, incluyendo los procesos de licenciamiento, y por ello se debe contar con un sistema fiscal progresista y una política agresiva en la aprobación de licencias que involucre compensaciones



por parte de las empresas para restablecimiento de ecosistemas intervenidos según utilidades obtenidas y vigilancia de protocolos de cumplimiento.

Un cuello de botella identificado son los procesos de licenciamiento, por ello los expertos proponen fortalecer el ANLA, mediante la dotación de herramientas tecnológicas y personal idóneo que agilicen el trámite; además, que entidades como la UPME realicen gestión previa a los proyectos de tal manera que éstos salgan a convocatoria con la licencia aprobada o al menos el trámite adelantado. De igual forma estos proyectos deberían ser clasificados como PINES.

El cargo por confiabilidad, consideran los expertos no es suficiente para garantizar el abastecimiento futuro y por ello debe reconfigurarse con nuevas metodologías de remuneración, soportar la energía en firme con fuentes limpias, de menor costo y abastecimientos confiables.

Para la integración de las Fuentes no Convencionales de Energía, los expertos consideran que los incentivos no son suficientes y que la reglamentación de la Ley 1715 de 2014 está en mora, igualmente proponen eliminar barreras de entrada y considerar externalidades ambientales que las harían competitivas con las alternativas tradicionales.

En cuanto al uso de tecnologías para que el sector sea más productivo, consideran los expertos, se debe seguir propiciando el uso de éstas para la recuperación de campos y ampliar los gasoductos para el transporte del gas particularmente, los expertos coinciden en que los puntos del sistema a conectar son: Buenaventura, Barrancabermeja, Córdoba y Sucre con el interior, otros de los puntos mencionados son: Manizales con Medellín, Vasconia, Mariquita con Cogua, Puente Guillermo – Opon – Barranca, con el exterior como Ecuador, TGI con Promigas, al igual que conectar Amazonas y San Andrés Islas al sistema nacional, estas conexiones buscarían la confiabilidad del sistema. La planta de regasificación en la costa pacífica es considerada un elemento importante para la seguridad energética del país, además de contar con la posibilidad de exportar futuras producciones.

La infraestructura es un componente vital para el sector del carbón y los expertos manifiestan la importancia en la inversión de obras como el ferrocarril del Carare para la conexión del interior con el Pacífico, la adecuación del puerto de Buenaventura y la navegabilidad por el río Magdalena.

Los expertos señalan la vía del desarrollo de la industria petroquímica como alternativa para el crecimiento de la industria nacional de valor agregado y fomentar el consumo interno, especialmente en empresas manufactureras como plásticos, fabricación de aceros y electrodos, aislamiento material eléctrico, cable comunicación y fibra óptica, aceites y lubricantes. En cuanto al carbón, una alternativa plateada es la de incentivar la creación de gases y líquidos sintéticos a partir de este mineral.



El uso del gas licuado de petróleo en el sector transporte tiene opiniones divididas, con justificaciones desde ambos lados de la orilla, que dificulta la opción de una decisión frente a su uso.

Las FNCE son una alternativa para la diversificación de la matriz energética del país, por ello se exploró con los expertos la expectativa de la inclusión de 3131MW de potencia eólica propuestos en el Plan de Expansión 2015-2029, y el 55% lo consideran poco viable debido a los costos no competitivos y los problemas frente a la integración al sistema: limitaciones en la infraestructura de transmisión y la confiabilidad de la tecnología. Consideran que la zona el mapa de vientos presenta el mayor potencial, presenta problemas sociales y ambientales complejos y por ello se debería pensar en generación con tecnologías para aprovechamiento del carbón.

En la cadena de valor de energía eléctrica la generación juega un papel fundamental en la sostenibilidad del sector, al respecto los expertos expresaron que se deben acometer acciones para incentivar la entrada de nuevos actores, tales como eliminar barreras de carácter regulatorio para la integración de nuevas alternativas, inclusión de plantas menores, generación distribuida, carbón limpio, entre otras.

Los encuestados consideran que la información para la toma de decisiones debe ser confiable, de acceso público y contar con análisis de tendencias tecnológicas, contando con nuevas tecnologías que lo soporten y capital humano especializado, sin embargo hay una resistencia a la entrega de información sobre contratos y su valor, por otro lado quienes están dispuestos a divulgarla lo harían bajo esquemas de normatividad sancionatoria o para mejorar la imagen de transparencia de la empresa.

La iniciativa de la creación de un observatorio para el sector tiene amplia acogida entre los expertos, quienes lo consideran pertinente para la toma de decisiones y plantean su creación al corto plazo.

La innovación es un aspecto importante para los expertos quienes manifiestan que las áreas de énfasis de investigación para el sector deberían ser: Fuentes de generación, (FNCE, Eficiencia Energética, Carbón Limpio, generación distribuida), redes (Smart Grid, Gestión de activos y gestión de la demanda) y sostenibilidad (ambiental, social, agua), y para apoyar los futuros proyectos consideran que la financiación debería provenir del fondo de regalías y Colciencias, seguido por la inversión de las empresas y un menor aporte de las universidades y fabricantes de equipos.

Ligado a lo anterior, la preparación del capital humano del sector requiere ajustes para afrontar los desafíos que se plantean a futuro en las áreas antes mencionadas de investigación y los retos del sector productivo, por ello los expertos manifiestan que la formación en áreas técnicas requieren aumentar la calidad e incentivar la formación a nivel doctoral, en concordancia incentivar la participación en pasantías empresariales a quienes se están formando en todos los niveles, debería de ayudar a alinear los problemas a solucionar en la



industria, con las capacidades y competencias inmersas en las universidades, con el fin de acelerar los procesos de transformación productiva y encaminar así las acciones hacia la innovación del sector.



7 RESULTADOS TALLERES REGIONALES

Los resultados de los talleres se presentan inicialmente de forma separada para cada uno de los tres, Barranquilla, Medellín y Bogotá.

7.1 Resultados del taller en Barranquilla

Las conclusiones del taller se sintetizan en grandes áreas de trabajo que se han identificado comunes a la opinión de los expertos ellas son: regulación, economía y tecnología.

La mayoría de expertos expresaron que el desarrollo de la regulación debe ser más expedito y con mayor nivel de participación de actores del sector incluyendo un balance regional en la conformación del regulador.

De manera más específica, todos dan propuestas referidas a la ley 1715 de 2014, en asuntos de reglamentación adicional o complementaria para los diferentes temas que trata la ley, renovables, eficiencia energética, autogeneración, de tal forma que sean tecnologías competitivas que se puedan sostener en el largo plazo su participación amplia en el mercado.

Otro de los aspectos regulatorios considerados fue la consolidación de cambios regulatorios y normativos que permitan mayores niveles de competencia, cobertura, y equidad, bajo los criterios de diseño de mercados de seguridad y eficiencia.

El esquema de seguridad conocido como el cargo por confiabilidad debe ser replanteado, para que realmente funcione bajo situaciones de escasez, tanto de agua como de otro energético.

En términos de tecnología energética los expertos coinciden en un mayor nivel de participación de la electricidad y el carbón, así como reducción del petróleo y el gas en el largo plazo.

De igual forma, una mayor presencia de fuentes renovables no convencionales en la oferta y la demanda de electricidad. Del lado de la oferta, la energía solar, eólica y la biomasa, son fuentes que se visualizan con alta penetración en el largo plazo. Del lado de la demanda, la participación de la energía solar sería la gran protagonista, tanto para calentamiento con los colectores solares como la generación de electricidad por medios fotovoltaicos.

En este aspecto debe tenerse presente la característica de intermitencia de las fuentes no convencionales de energía renovable y por esto, resolver el problema de almacenamiento de energía con nuevas tecnologías, tratando de mantener en el largo plazo, la red eléctrica como un sistema de respaldo.

En términos de economía, los expertos hicieron referencia común a la implementación de esquemas que incentiven la inversión y participación privada en el desarrollo de infraestructura energética, así como en el establecimiento de condiciones claras y estables para la toma de decisiones.



Adicionalmente, la definición de tarifas bajas para los consumidores pero razonables para los inversionistas fue objeto de análisis común de los expertos en la Costa Caribe colombiana.

7.2 Resultados del taller en Medellín

Las conclusiones del taller se sintetizan en grandes áreas de trabajo que se han identificado comunes en el juicio de los expertos.

Para el desarrollo del sector se requiere de cambios regulatorios que permitan honrar el sistema de libertad de mercado adoptado, es decir, menos intervención del Estado, pero reglas de juego claras y señales estables de largo plazo.

Mayor nivel de participación de las fuentes no convencionales de energía renovables y reducción de fuentes convencionales a base de combustibles fósiles.

En el corto y mediano plazo el carbón será un gran protagonista del sector energético, sin embargo en el largo plazo, fuentes de energía de gran escala como la nuclear requieren ser desarrolladas.

La consideración de los costos reales que incurren las empresas en nuestra particularidad colombiana como son los costos sociales y ambientales deben ser internalizados en las tarifas, siendo este un mecanismo de regulación para la sociedad y su participación en las decisiones del sector.

Retomar los desarrollos en materia de capital humano, debe ser una tarea para emprender con el talante suficiente de sacar adelante los programas de desarrollo de conocimiento y capacidades para el soportar el crecimiento del sector.

De igual forma, la unificación de los sistemas de información y la utilización adecuada de las herramientas informáticas soportarían la toma de decisiones en el sector.

La innovación es un concepto que no solo se debe desarrollar en las universidades sino también en todas las empresas, instituciones y organizaciones.

En este sentido, un real y fuerte relacionamiento entre la universidad, empresa y Estado debe darse para que el sector energético llegue a ser un sector de talla mundial.

7.3 Resultados del taller en Bogotá

Los expertos participantes del taller en Bogotá diligenciaron una matriz de impactos cruzados, influencia directa e indirecta entre diferentes variables para el objetivo 5 y 6 del PEN 2050. Resultado de este ejercicio prospectivo, se encuentra en la siguiente tabla el conjunto de variables y su clasificación de conformidad con la metodología descrita para el MICMAC, ver Anexo D1 MICMAC.

Tabla 27 Resultados del MICMAC, taller con expertos en Bogotá

Fuente: Elaboración propia



N°	Nombre Acción	Sigla	MID	MII	MIDP	MIIP
1	Desarrollar modelos de negocio viables y sostenibles para la industria energética	1MNSOS	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE
2	Estructurar esquemas fiscales que mantengan los ingresos del sector	2TAXEX	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS
3	Definir una Política de desarrollo de los sectores energéticos	3POLEN	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE
4	Desarrollo de no convencionales en hidrocarburos	4NOCONV	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS
5	Modernización Institucional del Sector	5MOINS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS
6	Articular y Fortalecer el Programa de Transformación Productiva y demás programas de desarrollo industrial nacional	6PTPEN	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS
7	Uso Racional, Eficiencia energética y Fuentes no convencionales de energía eléctrica renovable	7EFENER	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS
8	Gestión de la demanda	8GESDEM	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS	PALANCAS SECUNDARIAS
9	Estructurar e implementar una Industria energética con base en productos de valor agregado	9VALAD	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO
10	Modernización del marco regulatorio y funcionamiento del Sector	10MAREG	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS	VARIABLES AUTÓNOMAS
11	Apropiación, implementación y desarrollo de la Tecnología energética	11APROTE	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO

Se observa en la tabla anterior, la clasificación de las variables en clave, secundarias, autónomas, y de resultado.



Las variables clave determinan los ejes estratégicos, las secundarias corresponden a hitos para el mediano plazo y las de resultado y las autónomas definen las acciones de corto plazo para el sector energético.

Esto quiere decir que, el sector energético debe desarrollar en el largo plazo los modelos de negocios que su transformación le determine, por medio de la implementación de la política energética.

A pesar que, la variable APROTEC: Apropiación, implementación y desarrollo de la Tecnología energética, fue clasificada como variable resultado, en este caso, la Unión Temporal CIDET-IEB considera pertinente considerarla como una variable clave y por lo tanto determinante del tercer eje estratégico del sector.

El argumento de la Unión Temporal CIDET-IEB para el cambio de cuadrante de la variable APROTEC es muy simple y fuerte. La tecnología es un gran canalizador de las oportunidades del sector y por tanto, es determinante del rumbo del sector en largo plazo, toda vez que la política energética se materializa entre otras, por medio de la apropiación tecnológica y las nuevas tecnologías requieren de nuevos modelos de negocios para su integración en el sector.

Se trata de una triada inseparable que contribuye al logro del objetivo 5, pues el mantener los ingresos del sector, realizar transformación productiva y generar valor se da por medio de la triada mencionada y representada en la siguiente figura.

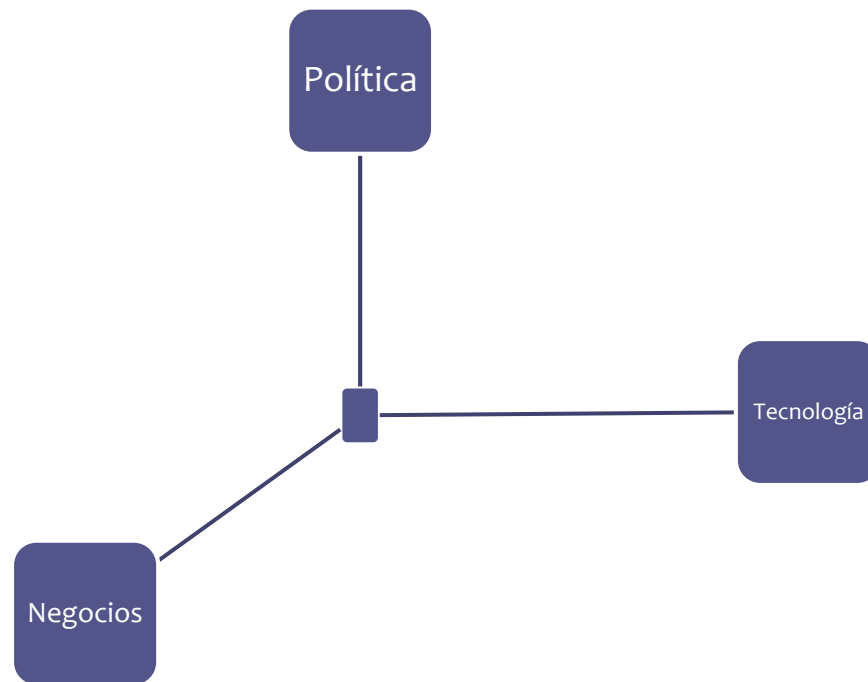


Figura 64 Ejes Estratégicos Objetivo 5 del PEN 2050.

Fuente: Elaboración propia



Adicionalmente, la tecnología, la política y los negocios, son elementos que requieren de la consideración de múltiples dimensiones o aspectos como son: económicos, técnicos, regulatorios, ambientales y sociales, determinantes de las acciones en el corto plazo que debe realizar el sector y en el mediano plazo de los hitos que deben ser alcanzados para soportar la visión del sector en los ejes establecidos y el logro del objetivo 5 del PEN 2050.

Siguiendo la misma metodología, en la tabla siguiente se muestra la clasificación de variables para el objetivo 6.

Tabla 28. Resultado de MICMAC objetivo 6, taller con expertos en Bogotá

Fuente: Elaboración propia

N°	Nombre Acción	Sigla	MID	MII	MIDP	MIIP
1	Crear el observatorio de energía	1OBSEN	Variables resultado	Variables resultado	Variables Objetivo	Variables Objetivo
2	Consolidar a la UPME como el CIO del sector	2CIO	Variables autónomas	Variables autónomas	Variables autónomas	Variables autónomas
3	Diseñar la arquitectura empresarial del sector	3ARQ	Palancas secundarias	Palancas secundarias	Palancas secundarias	Palancas secundarias
4	Inversión privada en I+D+i	4IDTI	Variables clave	Variables clave	Variables clave	Variables clave
5	Generar acciones de valor compartido en el sector	5SHARVAL	Variables Objetivo	Variables Objetivo	Variables resultado	Variables resultado
6	Fortalecer los CDTs	6CDT	Variables objetivo	Variables Objetivo	Variables resultado	Variables resultado
7	Desarrollar una cultura de gestión de activos intangibles	7GSINT	Variables resultado	Variables resultado	Variables resultado	Variables resultado
8	Realizar un diagnóstico de talento humano	8TALHUM	Variables determinantes	Variables clave	Variables determinantes	Variables determinantes
9	Revisar la pertinencia de los programas de formación en las Instituciones de Educación Superior	9IES	Variables objetivo	Variables Objetivo	Variables Objetivo	Variables Objetivo



N°	Nombre Acción	Sigla	MID	MII	MIDP	MIIP
10	Incentivar la formación a nivel doctoral de impacto en la industria	10DOCT	VARIABLES OBJETIVO	VARIABLES OBJETIVO	VARIABLES RESULTADO	VARIABLES RESULTADO
11	Trabajar por la articulación de las empresas, universidades y estado	11UEE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE	VARIABLES CLAVE

Se observa en la tabla anterior, la clasificación de las variables en clave, secundarias, autónomas, objetivo, determinantes y de resultado.

Para el objetivo 6, las variables de resultados y de objetivo determinan las acciones a mediano y largo plazo, puesto que éstas son variables que dependen en gran medida del resultado de otras variables y ayudan a la consecución de las variables claves. En esta categoría se encuentran: crear el observatorio de energía, generar acciones de valor compartido en el sector, fortalecer los CDTs, desarrollar una cultura de gestión de activos intangibles, Incentivar la formación a nivel doctoral de impacto en la industria y revisar la pertinencia de los programas de formación en las IES. Esta última se consideró desde el corto plazo, debido a que la intervención en los programas requiere de un tiempo previo para su aplicación.

Las variables claves, por naturaleza, son inestables y se constituyen como retos del sistema, son acciones de extraordinaria importancia por tanto se requiere una extrema atención sobre su ejecución. Para el objetivo 6 las acciones en esta categoría son: Inversión privada en I+D+i y Trabajar por la articulación de las empresas, universidades y estado. Dada su categoría y complejidad entre los actores involucrados, se requieren que éstas sean ejecutadas desde el corto plazo.

Otras variables que se deben ejecutar a corto plazo son las autónomas, secundarias y determinantes, puesto que por su naturaleza no dependen de la ejecución de otras acciones, pero son variables que apalancan el logro de los objetivos del sistema.



8 RESULTADOS ENTREVISTAS CON EXPERTOS GENERALES

El análisis de resultados de las entrevistas, parte de la consideración de las ideas comunes que los expertos plantearon para establecer una visión futura del sector energético y de las acciones que se deben emprender para alcanzar dicho futuro deseado.

Puntos de convergencia entre las opiniones de los expertos que se encontraron son:

Los expertos coinciden en la diversificación de la canasta energética, de tal forma que la electricidad tenga mayor protagonismo.

La sustitución del combustible fósil en el transporte será predominantemente determinado por la electricidad, tanto a pequeña como a gran escala, es decir, en vehículos particulares como en sistemas masivos de transporte.

La canasta de oferta eléctrica tendrá mayor participación de fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER) como son la solar y la eólica, llegando a niveles de generación de electricidad con “cero emisiones”. Está en comillas porque es imposible literalmente conseguir la generación de energía eléctrica sin emitir gases de efecto invernadero en sistemas hidroeléctricos. Las plantas de generación hidroeléctrica son fuente de energía renovable que emite gases contaminantes por medio de la evaporación del agua represada, este tipo de fuente de energía permanecería en la matriz eléctrica con gran participación al 2050 (50%), aunque mucho menor que en la actualidad (70%).

La presencia del carbón en la generación eléctrica se hace cada vez mayor en la medida que avanza el horizonte de análisis, es decir, mayor participación de plantas térmicas a carbón se esperan en el sistema interconectado nacional al pasar del presente (2015) al corto plazo (2020) y mayor sería la presencia para el mediano plazo (2031), y mucho más en el largo plazo (2050). Sin embargo, el carbón es considerado un recurso para la transición, pues las reservas se disminuirían significativamente en el horizonte de largo plazo, donde otra tecnología de mayor duración debió ganar la participación necesaria para garantizar el suministro después de 2050.

En el sector de electricidad, la gestión del lado de la demanda, tomaría toda participación activa en el mercado. Es así como los expertos coinciden en la presencia de sistemas inteligentes que permiten una gestión eficiente de la energía para el consumo y la entrega de excedentes al Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual habrá cambiado su funcionamiento bajo la presencia de generación distribuida.

La eficiencia energética propuesta para los diferentes sectores de la demanda se alcanzaría en los diferentes horizontes de tiempo, este es un elemento común en los expertos como resultado de las necesidades de la población de reducir el consumo de energía en todos sus usos. Esto es, la utilización de tecnologías que consumen menor cantidad de electricidad se



posicionará en el mercado para soportar las diferentes actividades económicas y de confort de la sociedad.

El sistema prepago es una buena alternativa de gestión de pérdidas que permite ejercer seguimiento y control del consumo energético.

Los expertos coinciden en que la matriz energética tendrá participación de hidrocarburos en menor medida, y renovables en mayor medida.

El mercado por sí sólo, dado el esquema regulatorio actual, no es capaz de dar las señales requeridas para aumentar la exploración y la producción de hidrocarburos, mejorar radicalmente la eficiencia, o realizar una conversión tecnológica. Éste debe ser impulsado a partir de una fuerte política energética para el cambio tecnológico, funcionamiento del sistema y modelos de negocios como mecanismos de interacción entre la oferta y la demanda.

A pesar que algunos expertos consideran protagonista el carbón para la generación de electricidad, la gran mayoría de expertos generales coinciden en la necesidad de una matriz balanceada entre fuentes convencionales y no convencionales, con alta participación de renovables.

La política energética nacional debe estar orientada a la cantidad y al precio, es decir, los incentivos deben estar orientados para ambas partes del mercado, la demanda y la oferta de energía respectivamente. En este sentido, el Gobierno nacional debe velar tanto por cantidades como por precios eficientes.

El sector energético es un sector que responde a la demanda de energía de los otros sectores de la economía y la economía colombiana no tiene sectores altamente intensivos en consumo de energía eléctrica. Por tanto, desde el sector energético estimular la demanda no debe ser una consideración, sino un resultado de la política económica nacional.

Un elemento que puede ayudar a mantener los ingresos del sector es promover la integración energética regional para aprovechar las ventajas comparativas y aumentar la competitividad regional.

Dada la situación adversa que enfrenta el sector energético como resultado del comportamiento de los *commodities* a nivel internacional, el Gobierno colombiano debe desarrollar los mecanismos necesarios que garanticen la inversión extranjera en el sector para el desarrollo de grandes proyectos energéticos intensivos en capital.

Los expertos coinciden en que es necesario contar con la información disponible para todos los actores por medio del cual se soporte la toma de decisiones de inversión en el sector. La UPME se ve como una entidad naturalmente conveniente para gestionar la información del sector con múltiple interrelación con todos los demás actores. Se precisa a que además de la función gestora de la información, los expertos reclaman mayor nivel técnico para la UPME con lo cual,



no solo los inversionistas tomen decisiones sino también los agentes durante la operación de los proyectos minero energéticos.

Si bien el recurso humano con el que cuenta actualmente el sector es considerado por los expertos como un recurso de calidad, especialización sobre algunas temáticas es requerida. Para esto, se plantea un mecanismo de desarrollo por medio de posgrados en el exterior, de tal forma que se garantice el regreso del recurso y su utilización en las empresas del sector.

El desarrollo de maestrías y doctorado debe darse como resultado de la relación Empresa – Universidad – Estado, clamor de todos los expertos como deuda por saldar para la sociedad colombiana. En este sentido, fomentar mayor cantidad de maestros y doctores en la industria es requerida.

La innovación es un concepto que todos los expertos coincidieron en su apropiación para todos los actores del sector, desde las empresas hasta las instituciones del Estado, así como las comunidades y población de influencia de los proyectos minero energéticos.

En términos de instituciones, el Estado debe mejorar su presencia en el sector, pero reducir su nivel de intervención, los expertos coincidieron en realizar los cambios regulatorios e institucionales que permitan el funcionamiento de un nuevo sector, con nuevos actores e inclusive con un sistema energético distinto, nuevos negocios y forma de interacción entre la oferta y la demanda.

En términos de mantener ingresos, los expertos coincidieron en un esfuerzo conjunto entre el Estado, las organizaciones y las comunidades. La comunidad debe ser capacitada y formada sobre la necesidad de la energía como motor de desarrollo, las organizaciones deben integrar a sus procesos productivos los recursos que dispone o de los cuales podría disponer la población para soportar su actividad productiva; de igual forma, el Estado debe crear confianza, garantizar la estabilidad normativa y los incentivos necesarios para el desarrollo de los proyectos. Con dicha interacción entre las tres partes, se logra una prosperidad compartida, que no solo contribuye con la responsabilidad social de corto plazo sino con la sostenibilidad para la sociedad aún frente a la ausencia de la actividad energética en el largo plazo.

En términos económicos y de desarrollo social, los expertos coinciden en la necesidad de una transformación productiva, que permita el crecimiento económico del país. En tal sentido, el sector energético es dependiente de la política económica nacional y por tanto, su direccionamiento sería respuesta a una apuesta de país.

La política económica nacional debe considerar la teoría de los medios de vida sostenibles referida de forma indirecta en las respuestas de los expertos. En este caso, se cita de forma específica la doctora Ángela Cadena, la cual preciso sobre el término de sostenibilidad, el agotamiento de un capital como el natural para soportar el crecimiento de la sociedad en el largo plazo.



Esto se da a través de la transformación del capital natural en otros capitales como el financiero, social, físico y humano. Para mayores detalles sobre esta teoría ver (DFID, 2005; Franco et al, 2006; Hoyos S, 2007).ⁱ

Una descripción resumida de los capitales se observa a continuación (DFID, 2005)

Capital humano: representa el conocimiento, capacidades laborales, aptitudes y salud. Capital social: se refiere a las redes sociales y organismos políticos y civiles. Capital natural: considera la tierra, los bosques, el mar, el agua, la calidad del aire y la biodiversidad. Capital físico: incluye la infraestructura y bienes de producción Capital financiero: consiste en el dinero para el consumo y producción, ahorros, capitales y préstamos.



9 MAPA DE RUTA 2016-2050 PARA MANTENER LOS INGRESOS Y VIABILIZAR LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA Y GENERACIÓN DE VALOR

Los ejes estratégicos para el logro del objetivo 5 del PEN 2050 son el resultado de la consolidación de toda la información y juicio de expertos en el desarrollo de la metodología, integrando en el ejercicio prospectivo MICMAC realizado en el taller regional con expertos en Bogotá, a partir de la discusión de las acciones principales y la calificación de las relaciones entre estas para la construcción de un sistema que permita dar cumplimiento al objetivo 5.

Dichos ejes y demás resultados, en un proceso posterior que denominamos de revisión hacia atrás, son comparados y validados con los resultados de los otros dos talleres regionales y los dos mecanismos de captura de opinión, el Delphi y las entrevistas. La articulación de todos estos resultados se integraron en un mapa de ruta que se describe en este capítulo.

En primer lugar, se presenta el esquema de mapa de ruta definido para el objetivo 5 del PEN 2050, luego se detalla la descripción de cada uno de los componentes del mapa de ruta y finalmente se muestran los tres ejes estratégicos que definen el mapa de ruta en su conjunto por medio de las acciones que lo determinan en el tiempo.

En este sentido, el mapa de ruta para el objetivo 5 del PEN 2050, está conformado por los tres ejes estratégicos, y el conjunto de acciones en el corto y mediano plazo que deben ser emprendidas por el sector, así como los hitos para el largo plazo que deben ser logrados para alcanzar la visión del sector establecida.

La visión de largo plazo del sector energético, resultado del consenso del juicio de los expertos coincide en la consideración de los elementos enunciados en la definición del sector presentada en el PEN 2050, la cual se sintetiza en

El sector en el 2050 permitirá el abastecimiento de energía en Colombia de manera eficiente, con una matriz más diversificada, amigable con el medio ambiente, un sector generador de valor para las diferentes regiones del país.

El término de eficiencia se debe considerar desde las siguientes perspectivas. Uno, desde el lado de la demanda, donde se tendrá una demanda que consume energía eficientemente, es decir, con menores pérdidas y mejores niveles de aprovechamiento; otro, desde el mercado, los mercados de energía serán eficientes significa que los precios y las cantidades involucradas serán formadas de manera óptima a partir de la información simétrica y libre que tienen todos los competidores. Específicamente sobre los precios, se tendrán precios razonables, por un lado, cumplirán con las expectativas de los inversionistas y las empresas del sector, pero también estarán dentro del rango de disponibilidad de pago de los usuarios; por el lado de las



cantidades de energía, se formaran ellas con la combinación apropiada de tecnologías que garantiza el equilibrio entre las expectativas de los oferentes y las necesidades de los demandantes de energía.

Una matriz diversificada debe ser entendida desde dos aspectos, la presencia de fuentes convencionales y no convencionales, en este último caso, la presencia de fuentes renovables de energía aumentará su participación.

Amigabilidad con el medio ambiente, hace referencia a la realización de proyectos minero energéticos, que tanto en la construcción como durante la operación y disposición final, son respetuosos de las normas ambientales, preservan los ecosistemas y apoya la manutención de los seres vivos en la tierra.

Un sector generador de valor en las regiones, hace referencia a tres conceptos del desarrollo, el valor compartido o beneficios para todos, la equidad desde el acceso y cobertura para todos los ciudadanos y la riqueza desde el desarrollo de economías y utilidad para la sociedad. Entiéndase sociedad como la agregación de tres grandes actores, productores, consumidores y el Estado.

La riqueza debe entenderse por medio del impacto que los proyectos minero energéticos tendrán en la economía de las zonas de influencia, pues se contará con plena integración de las comunidades afectadas en la generación de valor para las organizaciones y viceversa, se tendrá una distribución de beneficios con las comunidades y el Estado, de tal forma que las economías y la población de las zonas de influencia de los proyectos, logren crecer y mejorara sus condiciones de vida, respectivamente.



Figura 65 Representación del valor compartido

Fuente: Elaboración propia

La integración del valor compartido (VC) en las actividades del sector generará mejores condiciones de vida (CV) para las comunidades. Se desarrollarían capacidades en las personas para atender las necesidades de los proyectos, se desarrollarían economías para satisfacer la



demanda de bienes y servicios insumo para la producción, se generaría empleo digno así como productividad, eficiencia y utilidad para las organizaciones.

Con este marco conceptual de trabajo que define la visión del sector, se presenta entonces a continuación, el esquema que representa la agregación de los resultados en un mapa de ruta para el logro del objetivo 5 del PEN al 2050, conforme el resultado del análisis estructural.

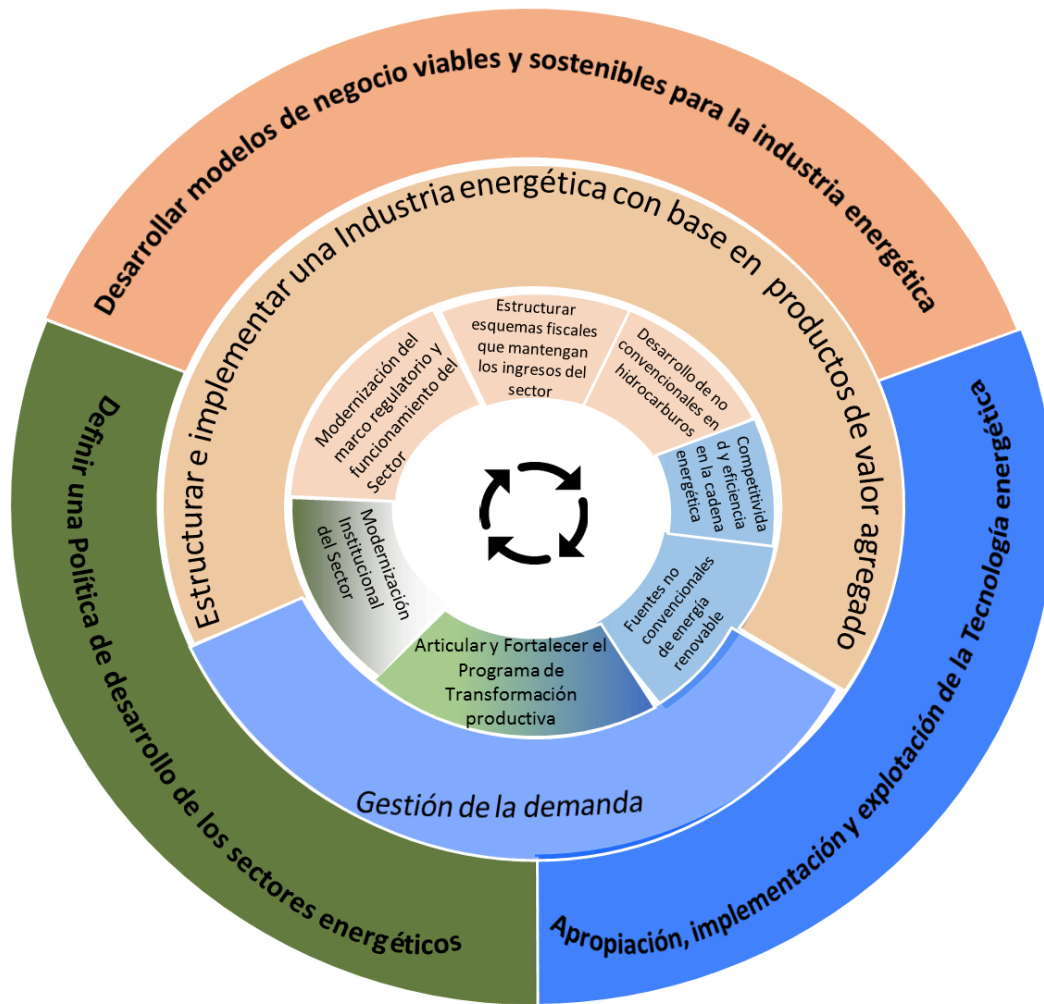


Figura 66 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta Objetivo 5 del PEN 2050.

Fuente: Elaboración propia

De forma detallada se presenta a continuación la descripción de las acciones que conforman las líneas estratégicas para el logro del objetivo 5 del PEN 2050 a través de los tres horizontes de tiempo, corto, mediano y largo plazo.

Los tres ejes estratégicos para el cumplimiento del objetivo 5 del PEN 2050 en largo plazo son:



9.1 Eje Estratégico 1: Desarrollar modelos de negocios viables y sostenibles para la industria energética.

Estructurar marcos económicos y financieros que permitan la viabilidad y sostenibilidad de los diferentes sectores energéticos de cara a la producción y comercialización de energéticos para consumo interno y exportación. Las principales acciones que se visualizan deben ser emprendidas por los actores del sector para estructurar los modelos de negocios viables y sostenibles son:

- Modernización del marco regulatorio.
- Desarrollo de no convencionales.
- Estructurar e implementar una industria energética con base en productos de valor agregado.
- Modernización institucional del sector.

Tal como se observa en la siguiente figura de mapa de ruta, donde se puede apreciar los horizontes de tiempo a los cuales las acciones están enmarcadas. Las acciones definidas abarcan varios horizontes de tiempo, debido a que su inicio se da por ejemplo en el corto plazo, pero su plena implementación se llega a dar en el mediano plazo.

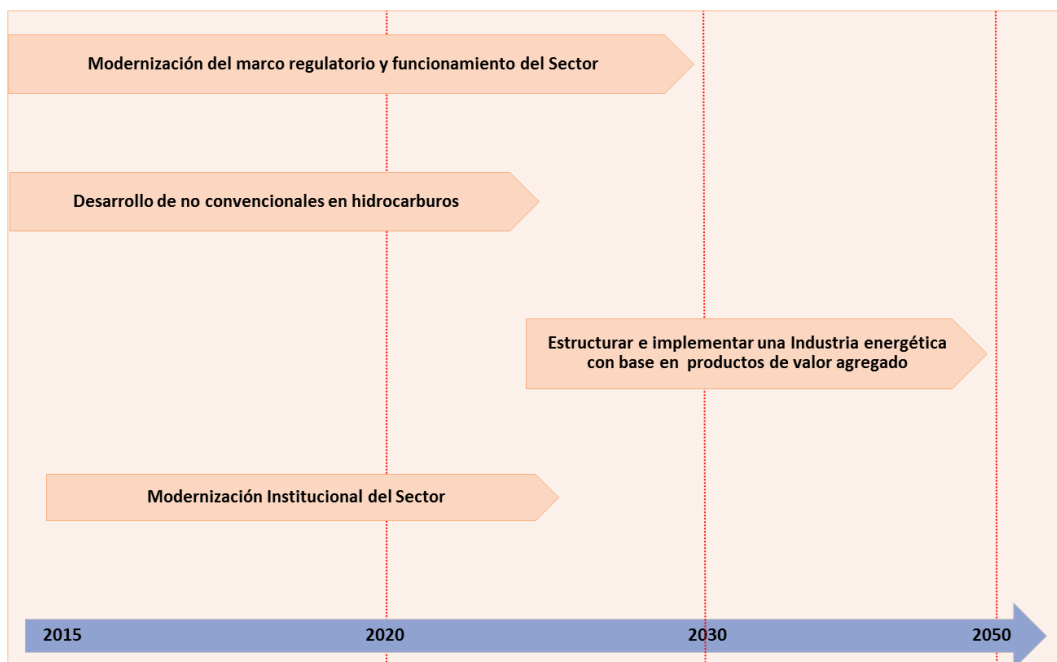


Figura 67 Mapa de ruta eje estratégico Negocios

Fuente: elaboración propia

Así por ejemplo, la modernización regulatoria debe iniciarse desde hoy, pero es de alcance no solo a corto sino también a mediano plazo para que quede implementada. De otro lado, la creación de valor alrededor de los energéticos primarios debe replantearse y de tal forma que los bienes, productos y servicios derivados de los commodities soporten la transformación



productiva del sector y el desarrollo económico aún en ausencia de la actividad energética. Esto implica acciones en el mediano y largo plazo, debido a la complejidad que encierra dicha creación de valor.

9.1.1 Modernización del marco regulatorio

El clamor por la modernización del marco regulatorio está fundamentado en las consecuencias que el marco regulatorio actual ha generado para la sociedad frente a condiciones de riesgo de abastecimiento y además, en los cambios tecnológicos y diseño de los mercados a nivel internacional. El diseño del sector energético a nivel mundial está cambiando significativamente, de forma tal que nuevos actores, nuevas tecnologías y nuevas formas de relaciones deben establecerse.

Para lo anterior, se requieren acciones que estén orientadas a incentivar la inversión, preservar los ingresos, propiciar la incorporación de nuevas tecnologías, cumplir con la seguridad, confiabilidad y calidad en el suministro energético bajo los criterios de competencia, eficiencia, amigabilidad con el medio ambiente y equidad, todo ello agregado en el término de sostenibilidad, el cual incluye el nuevo concepto para el sector denominado el valor compartido.

De forma específica, las acciones requeridas para modernizar el marco regulatorio pasan por ser:

- Conceptualizar, diseñar, e implementar un nuevo mercado de energía eléctrica
- Mejorar el marco regulatorio de los hidrocarburos
- Estructurar esquemas fiscales que mantengan los ingresos del sector
- Fortalecer el marco regulatorio y fiscal.
- Definir un Government Take como incentivo a la inversión y mecanismo soporte a la competitividad.
- Definir un sistema tributario competitivo y progresivo.
- Mejorar la competencia y la eficiencia
- Desarrollar mecanismos de información eficiente, simétrica y confiable
- Desarrollo de incentivos para aumentar la oferta, específicamente, la inversión en capacidad de producción y de transporte de energéticos
- Elaborar modelos de negocio que permitan la creación de una nueva industria que transforme y adicione valor al carbón.
- Fomentar los servicios de comercialización y asegurar la oferta de transporte para el carbón desde y hacia el interior del país.

Tal como se observa en la siguiente figura, el conjunto de acciones identificadas para modernizar el marco regulatorio a través de los diferentes horizontes de tiempo.



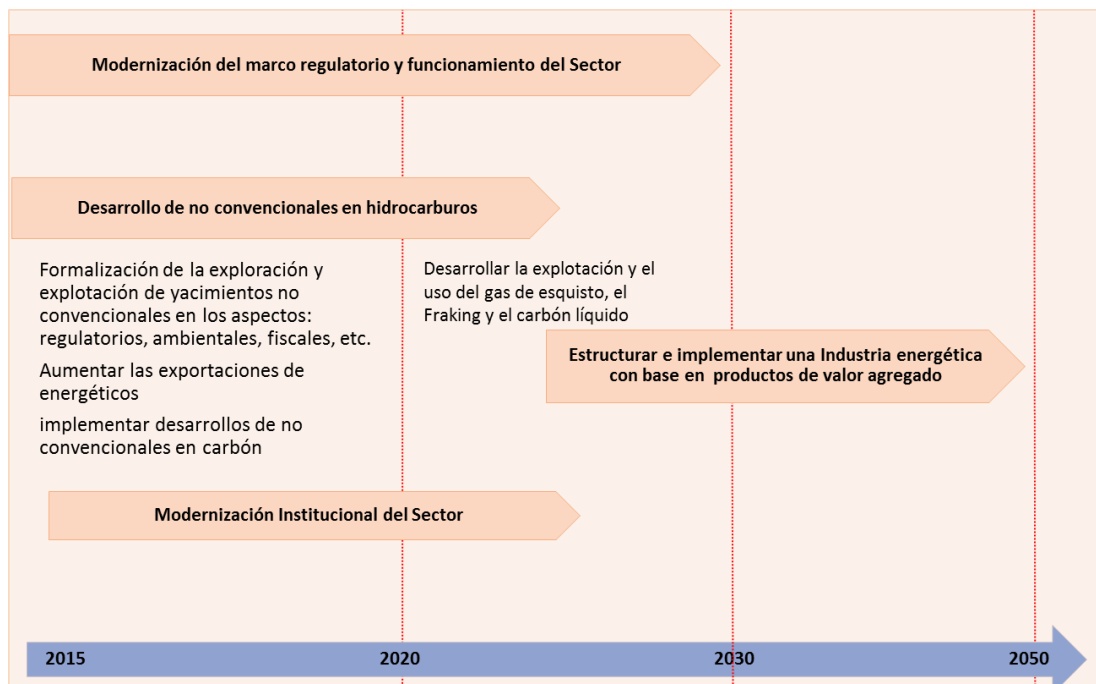


Figura 69 Mapa de ruta eje estratégico Negocios - No Convencionales

Fuente: elaboración propia

De forma específica se requieren acciones tales como:

- Formalización de la exploración y explotación de yacimientos no convencionales en los aspectos: regulatorios, técnicos, económicos, sociales, ambientales, fiscales, etc.
- Aumentar el consumo interno y las exportaciones de energéticos
- Implementar desarrollos de no convencionales en petróleo, gas, carbón y electricidad.

9.1.3 Estructurar e implementar una industria energética con base en productos de valor agregado.

La transformación del sector hacia una industria de valor agregado, que además del commodity, otros productos, bienes y servicios sean desarrollados como derivados de las fuentes primarias y sean transados para los mercados internos y externos del país. De forma específica se requieren acciones tales como:

- Identificar el tipo de industria derivada del petróleo potencialmente explotable para Colombia.
- Definir incentivos para la inversión y participación de los agentes en los mercados energéticos
- Implementar los mercados financieros estandarizados de cubrimiento de riesgo en los mercados de energía
- Esquemas de participación empresa - sociedad en el desarrollo de proyectos bajo el concepto del Valor Compartido
- Reglamentar articulación de los sistemas y mercados energéticos



El listado de acciones anteriores se observa en el tiempo en la siguiente figura

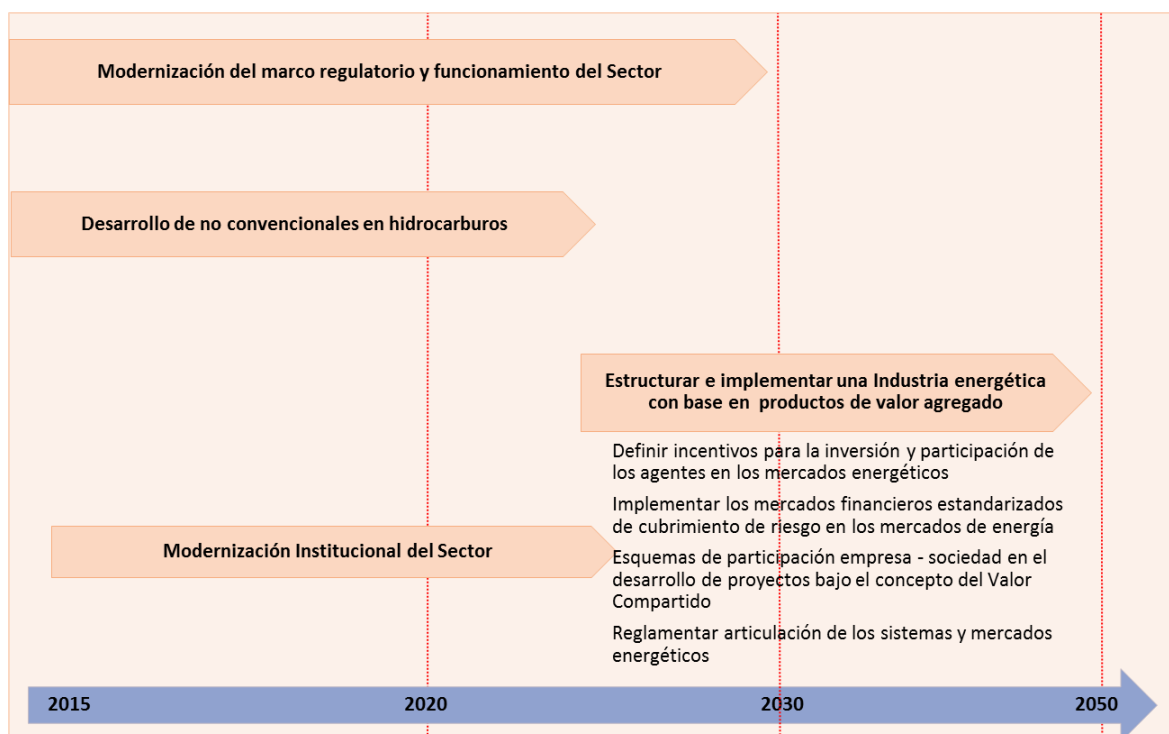


Figura 70 Mapa de ruta eje estratégico Negocios – Valor Agregado

Fuente: elaboración propia

Así por ejemplo, una industria centrada en la transformación y generación de valor en el recurso energético que permita la exportación y disminución de importación de productos terminados, petroquímica y sus derivados, energía eléctrica a otros países, entre otras.

9.1.4 Modernización institucional del sector.

La modernización de las instituciones del sector requiere no solo definir claramente los roles y responsabilidad, sino también la articulación entre ellas para implementar la política y lineamientos de desarrollo, esta modernización debe mejorar la presencia del Estado en los mercados con las funciones correspondientes que generen la confianza y estabilidad necesaria para el desarrollo del sector. Entre las acciones que se encontraron en este caso fueron:

- Diseñar las instituciones del futuro sector y la forma adecuada de interacción.
- Realizar el diagnóstico de roles y responsabilidades de las instituciones del sector
- Realizar los ajustes en las instituciones de conformidad con los cambios regulatorios y tecnológicos.

9.2 Eje Estratégico 2: Definir una Política de desarrollo de los sectores energéticos

Conjunto de acciones para definir una política de estado en cuanto a la explotación de los recursos y su disposición para el consumo interno y exportación, de manera que contribuyan a



mantener los ingresos del sector. Definiciones de Inversión, precio de mercado, incentivos, superar cuellos ambientales, sociales y demás, entre otros.

De forma específica el conjunto de acciones que se han identificado deben emprender los actores del sector en términos de definición de la política son las que se observan en la siguiente figura.

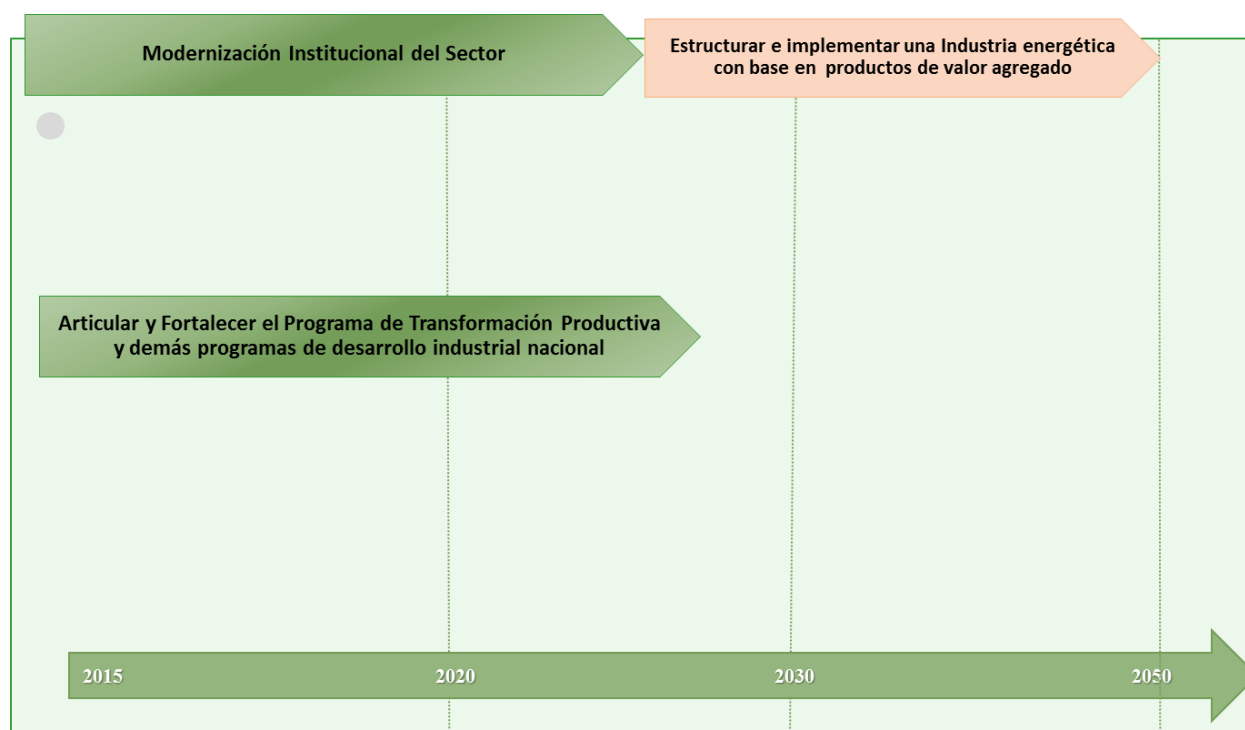


Figura 71 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política

Fuente: elaboración propia

9.2.1 Modernización Institucional del sector

La modernización institucional del sector energético pasa por las acciones definidas en el numeral anterior y el conjunto de acciones que se presentan a continuación.

En el corto plazo son acciones encaminadas a la definición del rol de Estado y sus funciones en el mercado, así como contar con las técnicas y herramientas necesarias para el fortalecimiento de las instituciones en el sector. Específicamente, se han identificado las siguientes:

- Fortalecer técnica, económica y en generación de política las entidades de planeación, regulación, seguimiento y control del sector energético.
- Garantizar la autonomía en la toma de decisiones y actuaciones de las instituciones del sector.
- Desarrollar las metodologías, herramientas e instrumentos técnicos y legales que garanticen la actividad institucional en el sector.
- Incrementar la Articulación y armonía entre las diferentes instituciones del sector.



Para el mediano plazo, se han identificado acciones encaminadas a mantener la institucionalidad en el sector y soportar el desarrollo del mismo bajo los nuevos diseños, actores, tecnologías y formas de interacción, donde el Estado ha dado mayor libertad a los mercados, cumpliendo funciones de supervisión, vigilancia y control, así como de planeación y regulación, tal como se observa a continuación.

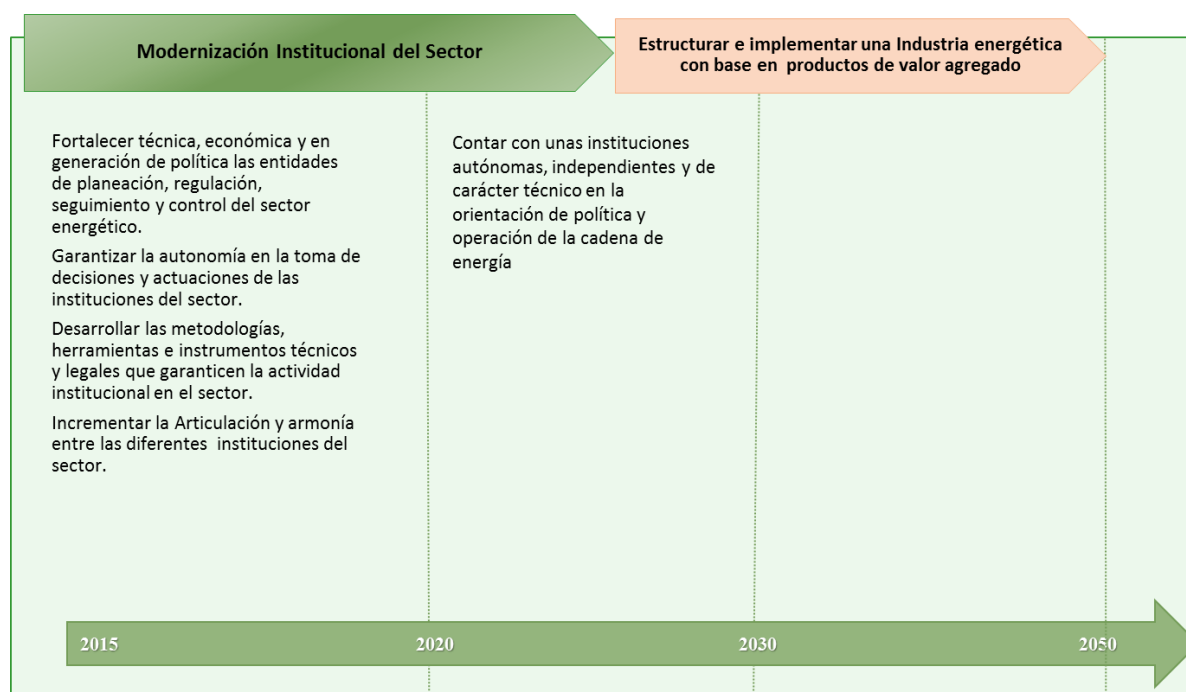


Figura 72 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política – Modernización Institucional

Fuente: elaboración propia

9.2.2 Articular y Fortalecer el Programa de Transformación Productiva y demás programas de desarrollo industrial nacional

En términos transformación productiva y desarrollo industrial se requiere de la articulación de los actores y fortalecimiento de las relaciones y programas de desarrollo y encadenamiento productivo.

Esto incluye para el corto plazo, cambiar el concepto de sector, por el de cadena de valor, es decir, considerar el desarrollo alrededor de cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la energía y sus relaciones de interacción y control.

También se ha identificado que considerar planes y programas que incrementen el consumo eficiente de energía, sobre todo con la generación de valor, produciría la transformación productiva necesaria para mantener los ingresos y propiciar el desarrollo de capacidades para la sostenibilidad inclusive en ausencia de la actividad energética.

En términos de sostenibilidad, uno de los elementos considerados es la seguridad en el suministro energético, para tal propósito, las acciones que se han identificado para el corto



plazo, son acciones encaminadas a materializar la ejecución de proyectos, por tanto, acciones que resulten en agilizar y flexibilizar los trámites ambientales y de demás instituciones públicas son requeridas, tal como se observa en la siguiente figura.

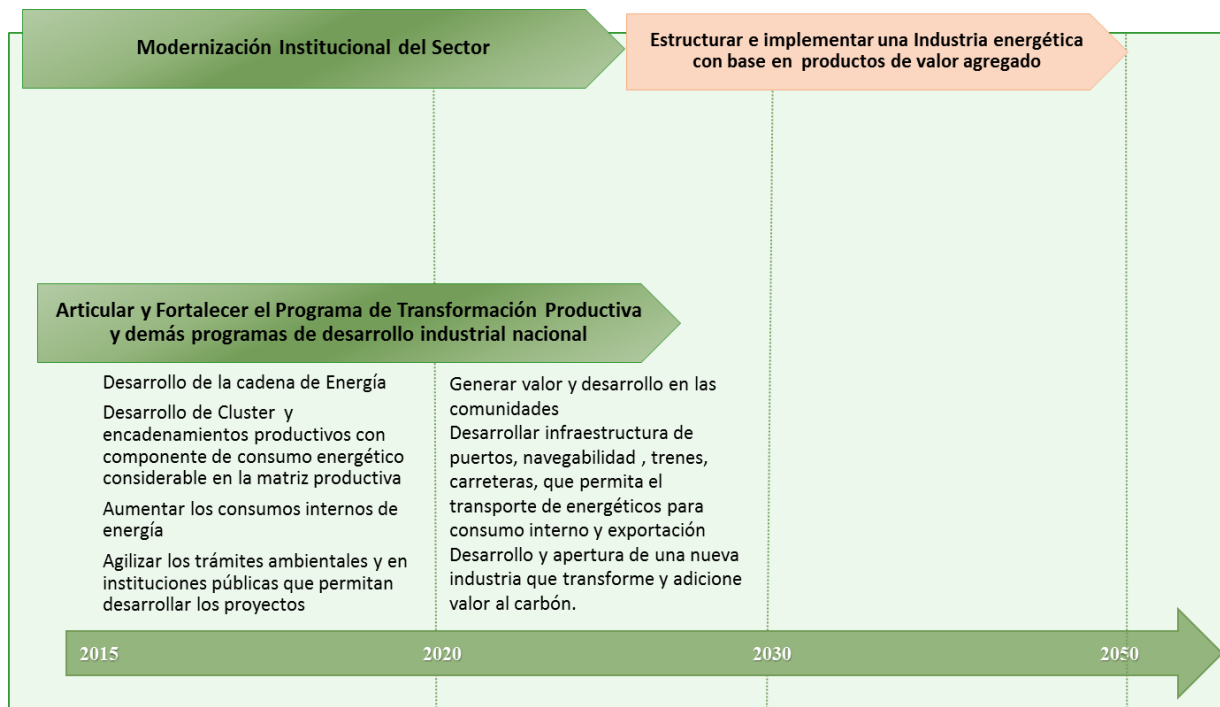


Figura 73 Mapa de Ruta Eje Estratégico Política – Transformación Productiva

Fuente: elaboración propia

En el mediano plazo, se ve necesario emprender acciones concretas de generación de valor compartido que consideren la distribución de beneficios para la sociedad, considerando los tres elementos que la componen, las organizaciones, las comunidades y el Estado.

Esto se da bajo la consideración de la teoría de los capitales y su transformación para el futuro, esto es, transformar el capital natural (conjunto de recursos con que cuenta el país, renovables y no renovables) en los otros cuatro capitales que considera de forma específica la teoría de medios de vida sostenible, capital humano (desarrollo del recurso humano), capital social (conjunto de recursos para el desarrollo y participación de la sociedad), e capital físico (la infraestructura para el desarrollo) y finalmente, el capital financiero (conjunto de recursos financieros y económicos que permiten el acceso y propician los medios de vida). Mayores detalles sobre esta teoría y su aplicación se encuentra en (DFID, 2005; Franco et al, 2006, Hoyos, 2007)



9.3 Eje Estratégico 3: Apropiación, implementación y desarrollo de la Tecnología energética

El tercer eje estratégico para el logro del objetivo 5 del PEN 2050 identificado es la tecnología, es decir, la adopción de nuevas tecnologías, más eficientes y limpias, su apropiación e incorporación al sector de forma competitiva.

Se debe entender eficiencia desde el punto de vista de utilizar menos energía primaria para soportar la actividad productiva y limpia desde el punto de vista de amigabilidad con el medio ambiente en términos de emisiones de gas contaminantes. De otro lado, la competitividad de la tecnología debe entenderse desde los costos de inversión y operación, que sean comparables con tecnología presentes en el sector energético en la actualidad.

En este sentido, se hace referencia a un conjunto de acciones para la adopción de nuevas tecnologías en el sector, considerando los diferentes aspectos asociados a la apropiación tecnológica: legales, técnicos y económicos, tanto desde la oferta como desde la demanda de energía.

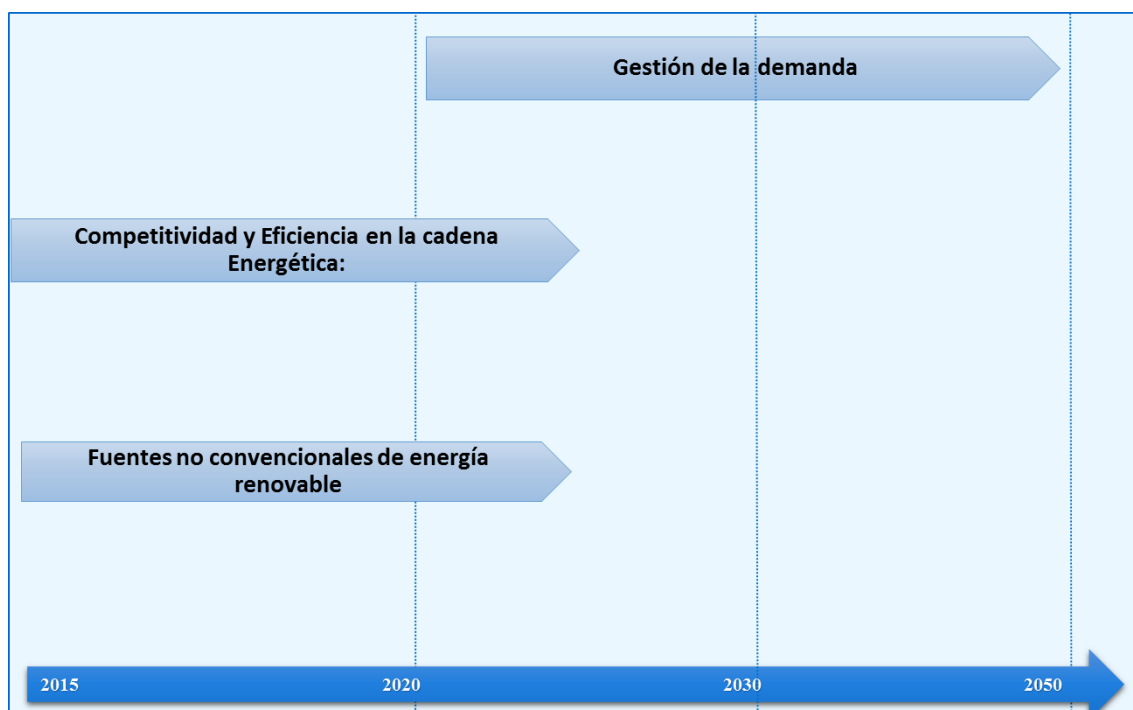


Figura 74 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología

Fuente: elaboración propia

9.3.1 Gestión de la Demanda

Este eje estratégico pasa por la concepción de nuevas tecnologías y la competitividad para su incorporación desde el punto de vista de la oferta. Desde la demanda, se encuentra la gestión eficiente del consumo energético, su autonomía y participación activa en los mercados, por ejemplo a través de las redes inteligentes y gestión de la información.



De otro lado, está la apropiación de nuevas tecnologías asociadas a los no convencionales, tanto en petróleo y gas como en carbón y electricidad.

De forma específica sobre la gestión de la demanda para el mediano plazo se han identificado acciones encaminadas al desarrollo de mecanismos y cambios regulatorios para implementar la tecnología que permita la participación activa de la demanda en el mercado, así como consolidar la universalización del servicio y aumento de la cobertura.



Figura 75 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología – Gestión de la Demanda

Fuente: elaboración propia

Para el largo plazo se identificaron las acciones para desarrollar las condiciones de información, cubrimiento de riesgo y condiciones igualitarias para la participación de la demanda en la formación de precios de mercado.

9.3.2 Competitividad y Eficiencia

En términos de competitividad y eficiencia las acciones identificadas para el corto y mediano plazo que soportan el objetivo 5 del PEN2050 desde el eje estratégico tecnología se observan en la siguiente figura y se listan a continuación.

- Desarrollar estrategias y acciones fuertes en exploración de nuevos yacimientos.
- Mantener los esfuerzos de desarrollo de los campos actuales y fortalecer procesos de recobro.



- Aumentar la eficiencia en el uso de los energéticos.
- Potencializar la industria basada en el uso del petróleo y sus derivados.
- Realizar una gestión eficiente de la operación de los sistemas energéticos
- Government take como elemento de competitividad de la industria

Estas acciones son de alcance de corto y mediano plazo debido a que, los programas y procesos encaminados al desarrollo de competitividad y eficiencia requieren de la concepción, diseño e implementación, con la participación activa de los actores del sector.

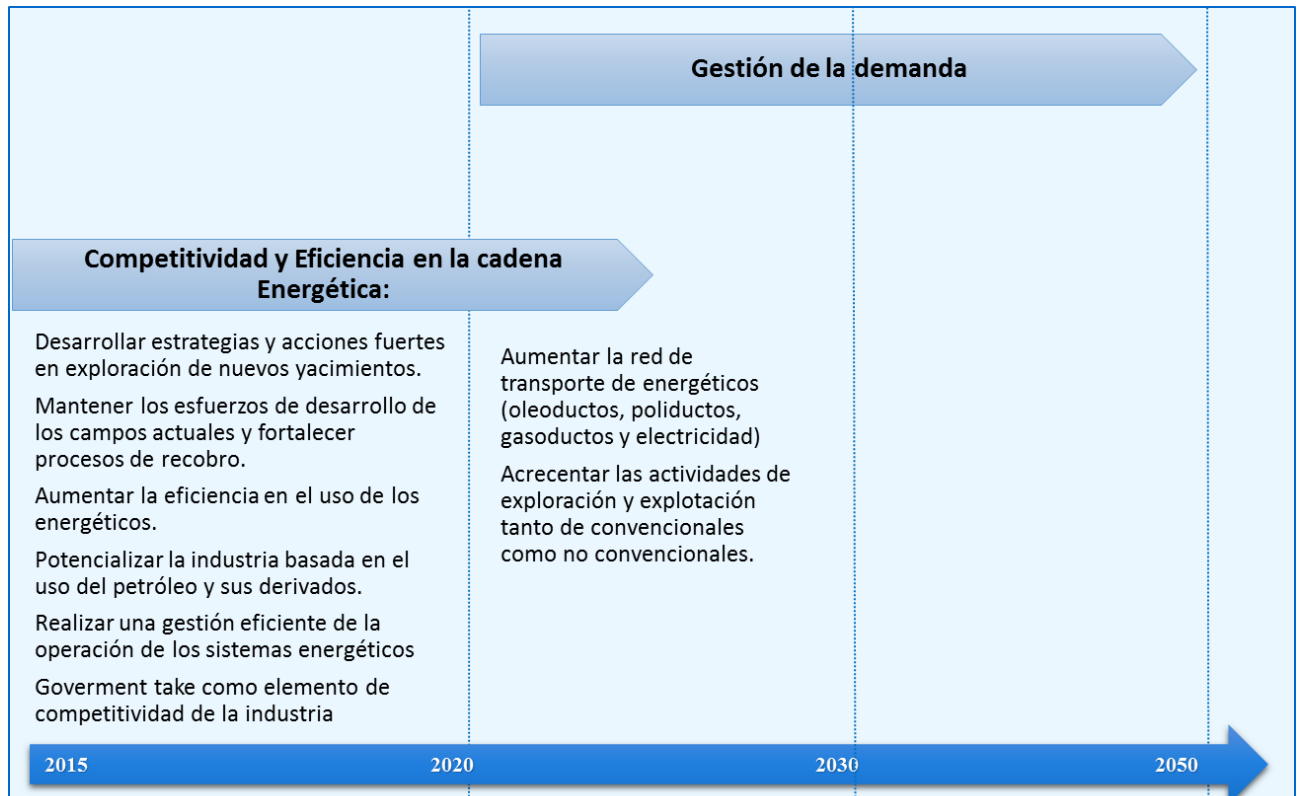


Figura 76 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología – Competitividad y Eficiencia

Fuente: elaboración propia

Específicamente, en el mediano plazo aumentar la infraestructura para la exploración y producción así como para el transporte de energía, tanto por medios convencionales como no convencionales. Sin embargo esto requiere del desarrollo de incentivos para la inversión y mecanismos de interacción o formas de transacción de energía y sus derivados.

Así por ejemplo se requiere de acciones encaminadas a definir e implementar los programas de uso racional y eficiente de la energía en todos los elementos de la cadena de valor. Producción: transformar la canasta energética, Transporte: Desarrollo de infraestructura de transporte eléctrico, hidrocarburo y minas, Comercialización y uso final: Sensibilizar e incentivar el Uso Racional de la Energía (URE) en el usuario final.



9.3.3 Fuentes no Convencionales de Energía

En el caso de los no convencionales se presentan las siguientes acciones, encaminadas a la apropiación tecnológica en el sector.

Específicamente en el corto plazo, desarrollar, reglamentar e implementar los incentivos y mecanismos de integración de las renovables al sistema y al mercado de energía

Desarrollar las capacidades y el conocimiento para implementar y explotar las energías renovables en el mercado energético nacional, así como impulsar la negociación y apropiación de tecnología en el país, tal como se observa en la Figura 74.

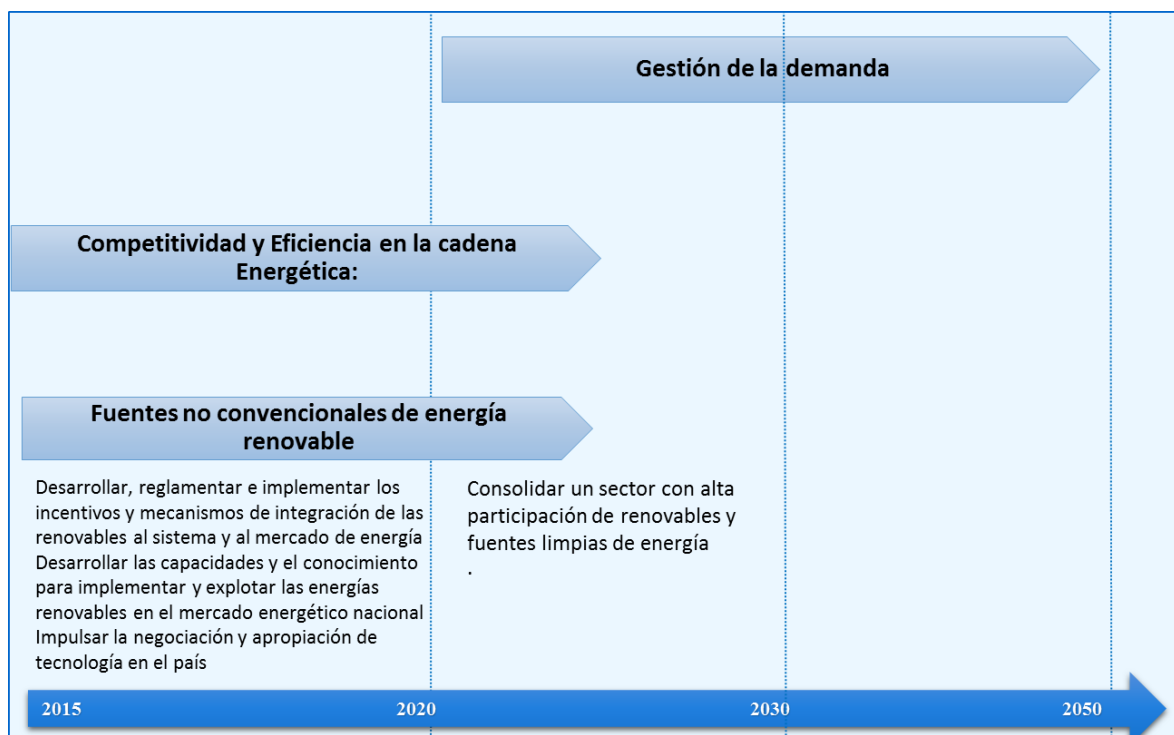


Figura 77 Mapa de Ruta Eje Estratégico Tecnología – Fuentes no Convencionales

Fuente: elaboración propia

Para el largo plazo se han identificado las acciones que permiten consolidar la integración de las tecnologías en el mercado y sobre todo de fuentes no convencionales de energía renovables, o fuentes de energía limpias.

Tal como se ha descrito en la metodología del estudio, los ejes estratégicos y las acciones de corto, mediano y largo plazo, en un proceso que denominamos de revisión hacia atrás, son comparados y validados con los resultados de los dos talleres regionales y los dos mecanismos de captura de opinión, el Delphi y las entrevistas. La articulación de todos estos resultados se integraron en el Esquema Sistémico del Mapa de Ruta Objetivo 5 del PEN 2050, representado en la Figura 63.





10 MAPA DE RUTA 2016-2050 PARA VINCULAR LA INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES Y CONTAR CON EL CONOCIMIENTO, LA INNOVACIÓN Y EL CAPITAL HUMANO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR

Los resultados de las metodologías aplicadas por el equipo consultor arrojan una profunda preocupación de los actores por los tópicos que aborda este objetivo, que por varias décadas estuvieron rezagados a temas secundarios y que solo eran abordados por intelectuales y visionarios entusiastas; muchos de ellos en el seno de los campus universitarios y al borde de su edad de jubilación. En los últimos años, la sociedad ha girado sus discusiones en torno a la sostenibilidad debido a la amenaza del cambio climático, apresuradas por las mentes jóvenes que se han vinculado a los pensamientos de aquellos visionarios que ven en el manejo de la información, la innovación, y el capital intelectual una oportunidad para asegurar la sostenibilidad en el largo plazo. Es tal la importancia, que los temas de innovación se han convertido en tema prioritario para las grandes compañías del sector minero-energético y algunos gobiernos locales.

En cuanto al análisis prospectivo realizado, utilizando la herramienta de MIC-MAC o matriz de impacto cruzado, cuyos resultados se presentan en el ANEXO D, se identificó la alta dependencia e influencia que existe entre las variables y acciones previamente definidas para alcanzar dicho objetivo, concluyendo que se deben adelantar un modelo de país, donde se propicie la creación de un ecosistema óptimo para la innovación, siendo el conocimiento, la información, y el capital intelectual los principales precursores para alcanzar los cinco objetivos⁴ del PEN 2050.

Para esto se estructuró un mapa de ruta que recopila el juicio de los expertos consultados por medio de entrevistas, talleres y consulta Delphi. El mapa de Ruta se dividirá en tres líneas de acción: disponibilidad de la información, conocimiento e innovación y capital humano. La clasificación se realiza para comprensión de la lectura, sin que esto aisle los tópicos estudiados como sistemas independientes, puesto que debe entenderse como un único objetivo con fuertes relaciones entre las tres líneas.

En el caso de los sistemas información, teniendo en cuenta la existencia de un concepto favorable a la Nación para contratar un empréstito externo de 30 millones de dólares, se parte

⁴ Suministro confiable y diversificación de la canasta de energéticos, demanda eficiente de energía, esquemas que promuevan la universalización y asequibilidad al servicio de energía eléctrica, estimular las inversiones en interconexiones internacionales y en infraestructura para la comercialización de recursos estratégicos, y mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor.



del listado de las actividades a financiar en el CONPES 3839 de 2015 y se articulan con las demás acciones identificadas en el marco de este proyecto.

10.1 Eje Estratégico 1: Sistemas de información

Disponer de un sistema de información minero energético robusto y confiable permitirá que todos los actores del sector cuenten con una herramienta para tomar sus decisiones. En este sentido, en el corto plazo (2016-2020), la política en manejo de información en cabeza de MinMinas y de MinTic, deberá centrarse en ejecutar las acciones propuestas en el documento CONPES 3839 de 2015. Dicha ejecución consolidará a la UPME como el CIO del sector, diseñando e implementando un esquema de AE, y fortaleciendo el control para la transparencia que permita la adhesión de Colombia en iniciativas internacionales como la EITI y OCDE.

A continuación se listan las actividades propuestas en el Documento CONPES 3839 de 2015, que serán la línea base para trazar la trayectoria del mapa de ruta que lleve a vincular la información para la toma de decisiones. Estas serán desarrolladas en tres componentes que articularán el programa con la auditoría, seguimiento y evaluación. Dichos componentes son: fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones; gestión de la información para la prestación eficiente de servicios y fortalecimiento de control para la transparencia. Finalmente se recogen las opiniones de los expertos frente a la creación de un observatorio de energía, y se presenta un esquema resumen en busca de vincular la información para la toma de decisiones.

10.1.1 Fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones.

El objetivo de este componente es mejorar la eficiencia y coordinación de la toma de decisiones sectoriales, a partir del diseño e implementación de herramientas de inteligencia de negocios, la reingeniería de procesos de la ANM, y la implantación de capacidades institucionales para coordinar iniciativas y proyectos de cooperación. Se prevé adelantar las siguientes actividades:

Diseño e implementación de un tablero de comando estratégico y un módulo de inteligencia de negocios que apoye la toma de decisiones relacionadas con la planificación, gestión y monitoreo de políticas e iniciativas.

Para esto, será necesario realizar:

- Diagnóstico de necesidades relacionadas con temas relevantes a monitorear a nivel sectorial y potenciales usos de la información.
- Implementación de la solución de inteligencia de negocios para el procesamiento de datos y la elaboración de modelos y escenarios de simulación que puedan ser útiles para la toma de decisiones y el diseño y la evaluación de la política pública del sector, basados en los mismos.
- Implementación de la solución de monitoreo y control de gestión (panel de control) que facilite el seguimiento del cumplimiento de los objetivos del sector.
- Capacitación del personal responsable del mantenimiento y uso de las herramientas.



Re-ingeniería de los procesos institucionales de la ANM.

Para ello será necesario realizar:

- Diagnóstico sobre la eficiencia de los procesos misionales y de apoyo de la ANM.
- Diseño de propuestas de optimización de procesos.
- Plan de implementación.

Fortalecimiento de las capacidades del Ministerio de Minas y Energía para reglamentar la actividad minero-energética y coordinar iniciativas y proyectos de cooperación para el desarrollo a nivel internacional.

Esta actividad se realizará mediante:

- Análisis y asistencia técnica para el desarrollo de las capacidades institucionales necesarias para la implementación de la iniciativa EITI.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales de MinMinas para planificar y coordinar la ejecución proyectos de cooperación internacional.

10.1.2 Gestión de la información para la prestación eficiente de servicios.

El objetivo del segundo componente es mejorar la prestación de servicios que brindan las entidades del sector, con beneficio tanto para las empresas, los ciudadanos y los órganos de gobierno. Este objetivo se logrará a partir del fortalecimiento de los procesos y herramientas para planificar, gestionar y coordinar la información del sector, a partir de las siguientes actividades:

El fortalecimiento de la función de coordinador de la información sectorial, así como el uso de tecnologías en información y las telecomunicaciones como los sistemas georreferenciados, permitirá a las entidades del sector mejorar la prestación de servicios.

Para ello, será necesario realizar:

- El diseño e implementación de la Oficina de Gestión de Información, con el objetivo de fortalecer su rol hacia una gestión integral de la información para la planeación y toma de decisiones gerenciales en el sector.
- Establecer los lineamientos para la estandarización e intercambio de información sectorial, de acuerdo al marco de referencia definido por el Ministerio de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.
- El diseño y la ejecución de un plan de gestión del conocimiento, que permita administrar la información estructurada y documental del sector, garantizando integración de diferentes fuentes de información.
- El diseño y la ejecución de un plan de gestión del cambio y capacitación de recursos humanos, que apoye la implementación del componente.



Apoyo a la integración de la información del sector minero-energético.

Para este apoyo se requiere:

- Diseño e implementación de la Arquitectura Empresarial, teniendo en cuenta los lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, incluyendo la optimización de los procesos institucionales de las entidades del sector.
- Integración de los sistemas de información de las entidades del sector, con el fin de fortalecer la planeación y soportar los trámites y servicios en línea, incluyendo la automatización de procesos.
- Apoyo a la gestión documental.
- Fortalecimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el objetivo de visualizar y analizar los datos de forma georeferenciada.
- Mejoramiento de las políticas de seguridad y el plan de continuidad del negocio que permita mantener el funcionamiento del sistema en caso de emergencia.

10.1.3 Fortalecimiento de control para la transparencia.

El uso de estándares internacionales en el manejo de información del sector para mejorar su transparencia, no solo permite aumentar el ingreso de Inversión Extranjera Directa – IED, sino que también aumenta el control de impuestos por parte del Gobierno. Para ello se han venido adelantado varias acciones en busca de la adhesión de Colombia en la Iniciativa EITI, como el mapa de regalías y mayor control sobre la información proveniente de la industria. Se prevé adelantar las siguientes actividades:

Módulo de fiscalización en Mapa Regalías. Se completará y revisará la información disponible sobre la actividad de fiscalización minera e hidrocarburífera, con el fin de avanzar de forma alineada con los estándares internacionales de transparencia exigidos por EITI, en congruencia con los lineamientos de la Comisión Rectora de Mapa Regalías.

Revisión e implementación de un piloto sobre los mecanismos o herramientas de control de producción en el sector minero-energético con base en las mejores prácticas internacionales.

Este subcomponente incluirá una prueba piloto, mediante la implementación y puesta en operación de mecanismos o herramientas para medir la producción en el sector minero en tres grupos de Proyectos de Interés Nacional Estratégicos (PINES). Estos serán seleccionados por la ANM. Se realizará:

- Seguimiento de los flujos de producción en puntos de información en mina y puerto de exportación, que permita medir cantidad y calidad del mineral extraído en tiempo real, a través de la implementación de un mecanismo o herramienta para tal fin.
- Una vez implementado los pilotos, se presentará, conforme a los resultados obtenidos, las correcciones o mejoras, frente a los proyectos seleccionados y su posible implementación a otros proyectos, con ese tipo de minerales.



- Formación de recurso humano especializado al interior de la ANM, en las herramientas o los mecanismos definidos, para realizar el control de la producción que permitan la sostenibilidad del seguimiento a los flujos de producción a largo plazo.
- Elaboración de unas guías para la utilización de los mecanismos o herramientas, utilizados en los pilotos y que pueden ser replicados en otros proyectos, los cuales se incorporarán a los ejes de acción que deberán seguir los funcionarios encargados del seguimiento del flujo de la producción en la ANM.

Fortalecimiento de los procesos de fiscalización de hidrocarburos.

Para el fortalecimiento se requiere las siguientes actividades:

- Dimensionamiento de políticas y reglamentos técnicos para la exploración y explotación de hidrocarburos en el territorio nacional, que incorpore un análisis de actividades estratégicas del sector tales como, la medición del volumen de hidrocarburos, revisión de operaciones de exploración y producción costa afuera, estudios sobre yacimientos no convencionales, abandono y taponamiento de pozos y quemas de gas natural.
- Análisis y la contextualización de diferentes modelos comparables en términos de medición, regulación de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos en el territorio nacional.
- Transferencia de conocimientos en fiscalización a través de seminarios y talleres técnicos en la materia.

10.1.4 Observatorio de Energía.

El Observatorio de Energía es una iniciativa que busca vincular información que conduzca a oportunidades de innovación para lograr los objetivos del PEN 2050. Esto se hará a través de herramientas de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, monitoreando permanentemente las áreas de interés del sector a nivel internacional, considerando la visión de las prioridades, potencialidades, y limitaciones del país.

El fortalecimiento de la UPME como CIO del sector, cumpliendo con su objetivo misional de producir y divulgar la información requerida para la formulación de política y toma de decisiones, le permitirá articular varias iniciativas que se han venido adelantando a nivel nacional, como el Observatorio CT+i de la ciudad de Medellín, las Oficinas Regionales de Transferencia de Resultados de Investigación como Tecnova en Medellín, Cientech en Barranquilla y otras en diferentes regiones del país apoyadas por Colciencias, la Unidad de Inteligencia Tecnológica de CIDET en el caso del sector eléctrico, entre otras.

La iniciativa de crear un observatorio de energía ha sido bien recibida por los expertos consultados en el ejercicio Delphi, los cuales consideran que es una herramienta estratégica para la toma de decisiones y debe acometerse en el corto plazo (Ver Anexo D). Sin embargo, al aplicar el ejercicio de MIC-MAC, se evidencia que la influencia de este observatorio en los demás componentes del objetivo se verá potencializada en el mediano y largo plazo, puesto



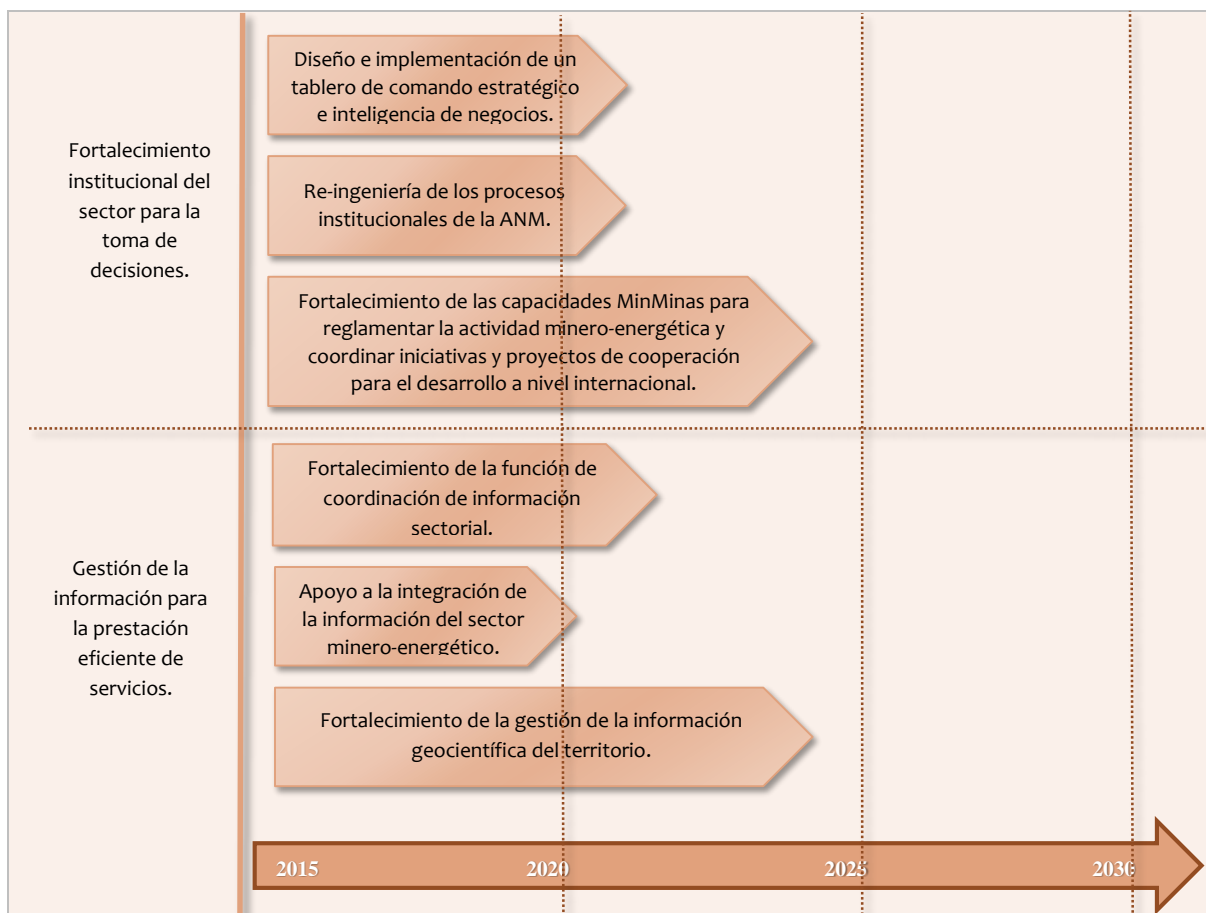
que primero se requiere de acciones como inversión en I+D+i y la articulación de Universidad, Empresa y Estado, que permitan generar el ecosistema donde el observatorio de energía tenga alto impacto.

Para la creación y posterior consolidación del Observatorio de Energía, se proponen las siguientes acciones.

- Articulación de las iniciativas consolidadas en identificación de oportunidades de innovación, incluyendo las empresariales.
- Formación del talento humano especializado al interior de la UPME, para atender las necesidades del observatorio.
- Definición de los tópicos con oportunidad de innovación en el sector.
- Adquisición y consolidación de capacidades para el análisis de información, inteligencia competitiva, y vigilancia tecnológica.
- Conformación de redes nacionales e internacionales de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.
- Activación de proyectos sectoriales de alto impacto.



10.1.5 Esquema Resumen Sistemas de Información



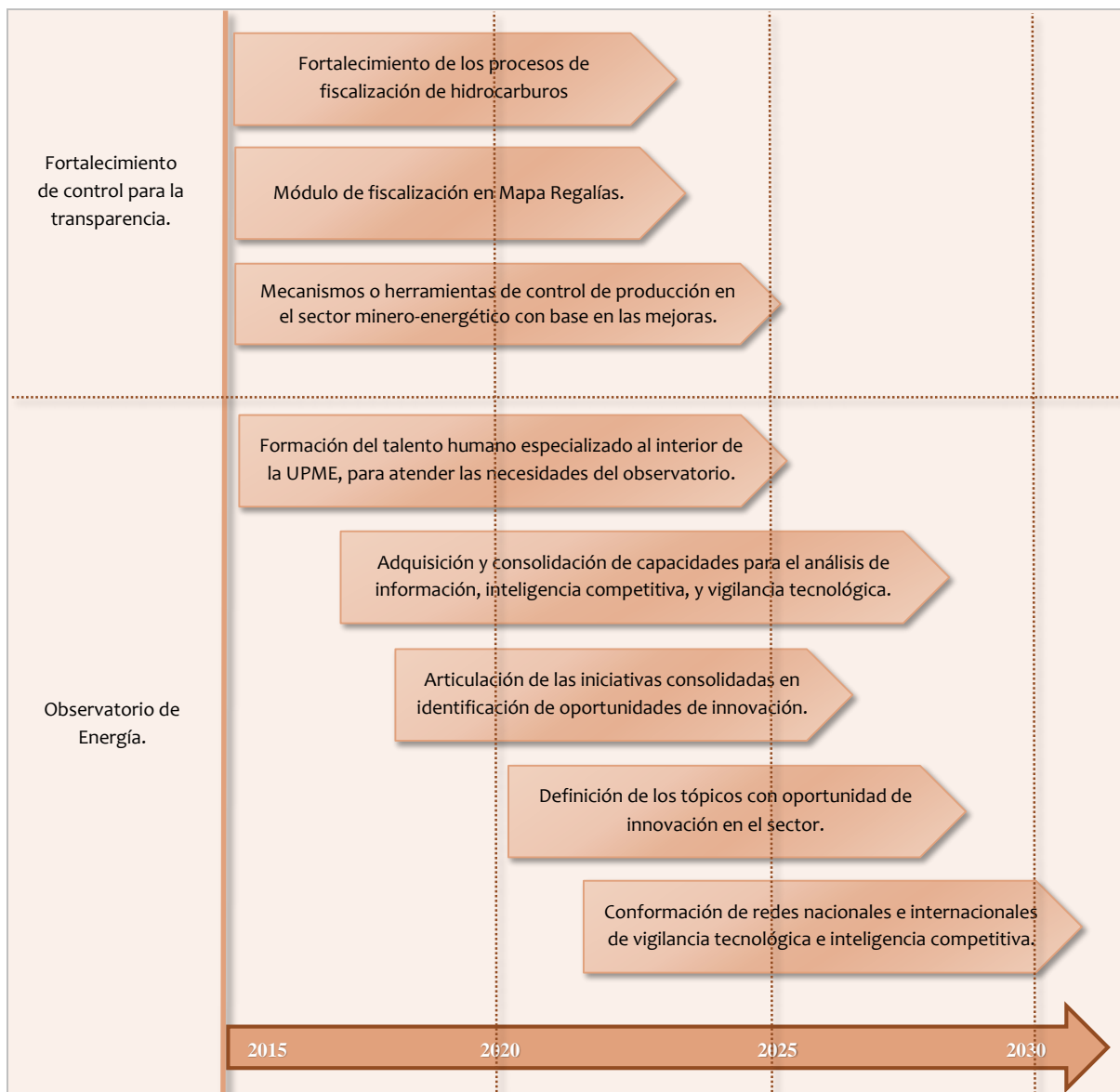


Figura 78 Resumen de las acciones para la línea sistemas de información.

Fuente: Elaboración propia

10.2 Eje Estratégico 2: Conocimiento e innovación

Las acciones que deberán emprenderse con el objetivo de contar con el conocimiento y la innovación que apalanquen el desarrollo del sector minero-energético están enfocadas en implementar iniciativas como el Programa de Transformación Productiva, creación de comités Universidad Empresa Estado, y Plan Estratégico de Ciencia Tecnología e Innovación. Para esto se propone trabajar en 5 componentes: evaluar una política de financiación de las actividades de CTei, articulación Universidad Empresa Estado, desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles, fortalecer los Centros de Desarrollo tecnológico, y generar acciones de valor compartido en el sector. A continuación se describirá cada una de estas.



10.2.1 Política de financiación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en temas energéticos.

La financiación de las actividades de ciencia y tecnología es un factor clave para alcanzar los objetivos del PEN 2050, debido a que los retos que enfrentará el sector minero energético en el mediano y largo plazo demandarán una mayor participación de las empresas privadas en la financiación de actividades de CTel a través de convenios interadministrativos vinculantes, además de asegurar que los recursos provenientes de regalías y destinados para tal fin se inviertan en los temas prioritarios y de interés nacional.

Una de las quejas manifestadas por los actores del sector en los talleres y la consulta Delphi, ver Anexo D y Anexo C respectivamente), especialmente los expertos directamente involucrados con CTel, es que no cuentan con los recursos económicos para realizar sus actividades de investigación. Si bien, el país tiene un fondo destinado para tal fin, es difícil acceder a los recursos, por desconocimiento del sistema o porque los trámites administrativos resultan muy engorrosos. Situación que ha derivado en que convocatorias, como la de Beneficios Tributarios publicada por Colciencias, no logren asignar todo el recurso dispuesto para ello. Por otra parte la distribución de los recursos de regalías en Ciencia y Tecnología debe ser aprobada por entes gubernamentales regionales, cuyos intereses, en la mayoría de las ocasiones, no están alineados con planes de largo plazo y no todos cuentan con planes regionales de CTel, sino que terminan siendo intereses particulares y cortoplacistas. En este sentido es necesario realizar una evaluación integral a la política de financiamiento de CTel, donde además de los recursos públicos se vinculen las empresas por intermedio de inversiones obligatorias de un porcentaje de sus utilidades.

El análisis prospectivo le otorga a la acción de inversión privada en actividades I+D+i un papel protagónico, debido a su alta influencia sobre las demás variables del sistema, como lo son el fortalecimiento de los centros tecnológico y la articulación UEE, e influencia relativamente importante sobre otras variables como desarrollar una cultura de gestión de activos intangibles, y revisar la pertinencia de los programas de formación en las Instituciones de Educación Superior; esto se puede observar en la Figura 76, tomada del Anexo D. En este sentido la evaluación y seguimiento de la política de financiamiento de CTel debe adelantarse en el corto plazo y extenderse al menos hasta el 2030, debido a su influencia determinante sobre las demás acciones. Sin embargo, dichas acciones debe ser ejecutada de manera paralela debido a su alta influencia y dependencia.



Gráfico de influencias indirectas potenciales

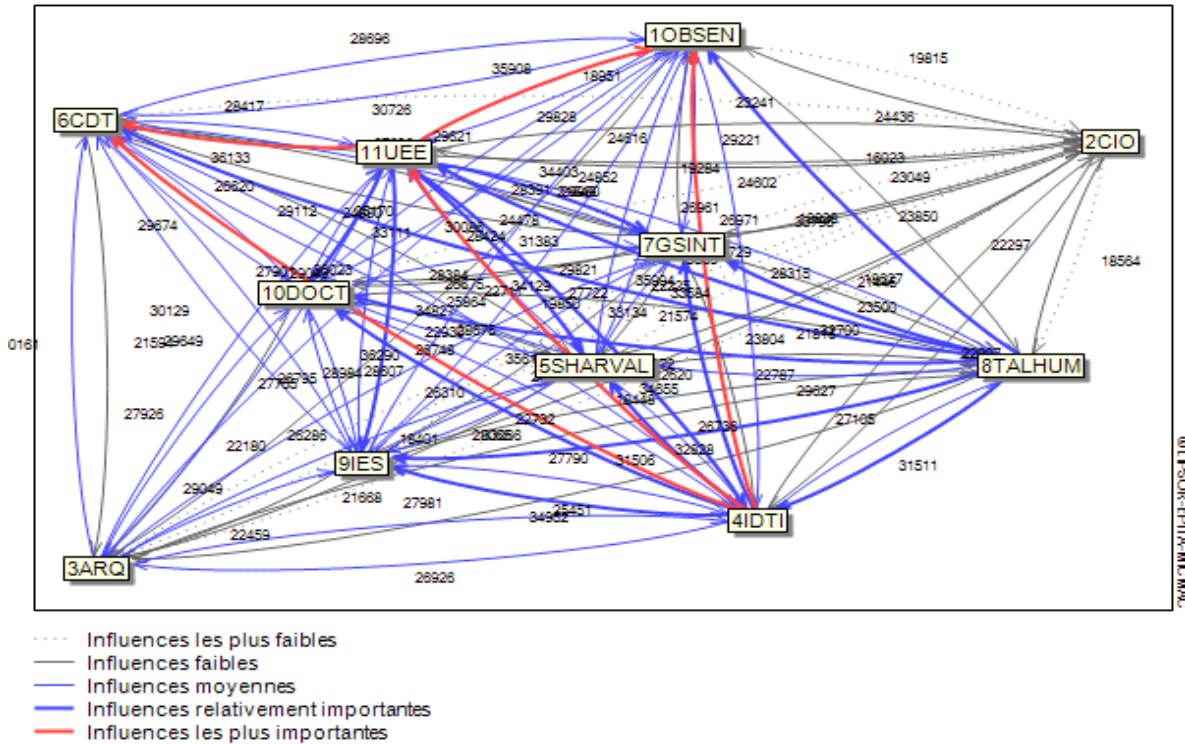


Figura 79 Relaciones de influencias y dependencias potencialmente indirectas
 Fuente: Herramienta informática Lipsor-Micmac. Basado en taller de expertos realizado.

10.2.2 Articulación Universidad, Empresa y Estado.

La preocupación de los expertos participantes de los talleres y del ejercicio Delphi frente a la desarticulación de la universidad, las empresas y el estado, es que la investigación en las universidades no da solución a los problemas de las empresas. Una de las causas es la forma como está medido el desempeño dentro de las universidades, que por su estructura incentiva a que los investigadores trabajen en temas aislados de los intereses empresariales (Ver figura 17 Anexo C). Además, existe desconfianza entre las partes, lo cual dificulta la ejecución de proyectos en conjunto. Algunas de las actividades que se han venido desarrollando y en las que deben trabajar en conjunto con los Comités Universidad Empresa Estado – CUEE regionales son:

- Construcción del inventario de capacidades investigativas de la región: recurso humano para la investigación, ciencia y tecnología; grupos de investigación; proyectos; laboratorios; equipo robusto.
- Identificación de los temas estratégicos y las necesidades empresariales de la región.
- Ruedas de Negocios que generen encuentros de oferta y demanda (capacidades investigativas y necesidades empresariales) entre la academia y la empresa.
- Generación de nuevas alianzas e incorporación de actores de los diferentes sectores para fortalecer procesos participativos en la región.



- Procesos de formación de recurso humano para la ciencia, la tecnología y la innovación.
- Generación de estrategias que permitan crear confianza entre las universidades regionales, el Estado y las Empresas.

Según los resultados del análisis prospectivo y el juicio de los expertos participantes, la articulación de los intereses de estas instituciones es primordial para lograr el objetivo, teniendo una influencia muy importante sobre las demás variables, ver Figura 76. Por su alta dependencia e influencia esta acción debe adelantarse de forma paralela con la formación doctoral de impacto en la industria, que en el mediano plazo convergerán hacia el fortalecimiento de los CDTs y el desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles.

10.2.3 Desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector.

El desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles y en particular del aprovechamiento del sistema de patentes, proporciona un mecanismo que fomenta la transferencia de tecnología desde el exterior mediante la inversión directa o la concesión de licencias. Adicionalmente, la fortaleza o debilidad del sistema de propiedad intelectual tiene un fuerte efecto sobre la Inversión Extranjera Directa (IED), debido a que la existencia de un sistema nacional operante y fuerte en la protección y defensa de la propiedad intelectual disminuye el riesgo de la inversión. Otro beneficio importante de contar con una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector, son los incentivos brindados a los inventores y titulares de los derechos de propiedad intelectual, que se convierten en un aliciente para continuar desarrollando innovaciones con alto impacto en la industria.

En Colombia el sistema de protección de la propiedad industrial a cargo de la Superintendencia de Industria y Comercio es poco utilizado, por este motivo han surgido iniciativas como los Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación - CATI y el Aula de Propiedad Industrial - API, con el objetivo de acercar la información y conocimiento del sistema a los inventores. La consolidación de dichas iniciativas y la apropiación por parte de las empresas de un portafolio de gestión de propiedad industrial jugarán un papel muy importante para incentivar la creación de productos y servicios que generen mayor valor agregado en el sector minero energético. En resumen se han identificado las siguientes actividades:

- Consolidación de la iniciativa de Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación y aula de propiedad intelectual de la Superintendencia de Industria y Comercio.
- Apoyo a inventores y pequeñas empresa para proteger sus activos intangibles.
- Desarrollar una metodología de valoración de activos intangibles, que permita encadenar estrategias de negociación.
- Divulgar el sistema de protección de la propiedad intelectual a las empresas del sector minero energético.

De acuerdo con los resultados del MIC-MAC esta acción tiene una alta influencia y dependencia sobre la inversión en actividades de I+D+i tanto en el mediano como corto plazo, y es



dependiente relativamente de las acciones de realizar un diagnóstico de talento humano y trabajar por la articulación de las empresas, universidades y estado. Para potencializar las influencias de este componente es recomendable adelantar las acciones listadas anteriormente, con miras a de que se tenga una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector, en el mediano plazo.

10.2.4 Fortalecer los Centros de Desarrollo tecnológico

Los Centros de Desarrollo Tecnológico –CDTs- constituyen elementos facilitadores de la transferencia tecnología de origen nacional, así como en generadores de tecnología propia con amplias posibilidades de generar valor en las empresas. Además, pueden mejorar las capacidades negociadoras para la compra o licenciamiento de tecnología, sin pretender reemplazar la actividad tecnológica de las empresas usuarias sino potenciarla y complementarla. Las actividades propuestas son:

- Crear un CDT para la industria carbonífera del país.
- Fortalecimiento de las capacidades propias de los CDTs a través de la capacitación e incorporación de talento humano con nivel de maestría y doctorado.
- Construcción y adecuación de laboratorios de prototipado, con miras a los desarrollos tecnológicos estratégicos para el sector en el largo plazo.
- Desarrollar instrumentos que acerquen los desarrollos tecnológicos de los CDTs a las regiones con presencia de las empresas del sector.
- Asegurar la financiación de las actividades de los CDTs.
- Desarrollar tecnologías precompetitivas estratégicas para el país.
- Conformación de redes internacionales que articulen herramientas para facilitar la transferencia tecnológica.

Dada la alta influencia y dependencia del fortalecimiento de los Centros de Desarrollo Tecnológico con las demás acciones del objetivo evidenciado en el MIC – MAC, las actividades de este componente se deben adelantar en los próximos años de tal forma que en el mediano plazo se cuente con CDTs sectoriales y regionales consolidados.

10.2.5 Generar acciones de valor compartido en el sector

La posibilidad de armonizar los intereses privados con los de las comunidades donde operan las empresas del sector, bajo el concepto de valor compartido, juega un papel primordial para disminuir las crecientes oposiciones a los proyectos. Experiencias exitosas de algunas empresas del sector, en el impacto positivo de su gestión y la de sus proyectos, deben ser replicadas, donde la innovación y el conocimiento jugaran un papel protagónico para alcanzar los objetivos.

De acuerdo con los resultados del análisis prospectivo, en el mediano y largo plazo la generación de acciones de valor compartido no tiene influencias altamente importantes sobre las demás acciones del objetivo. Sin embargo, si presenta relaciones de dependencia e influencia relativamente importantes. Por este motivo, la generación de este tipo de acciones



se debe reforzar en el mediano plazo, de tal forma que se puedan convertir en una plataforma que incentive la innovación a nivel empresarial y universitario, sin entrar en contradicción con los intereses de la sociedad, y será un resultado de la política de inversión en CTei y la articulación de la Universidad Empresa y Estado.

10.2.6 Esquema Resumen Conocimiento e Innovación.

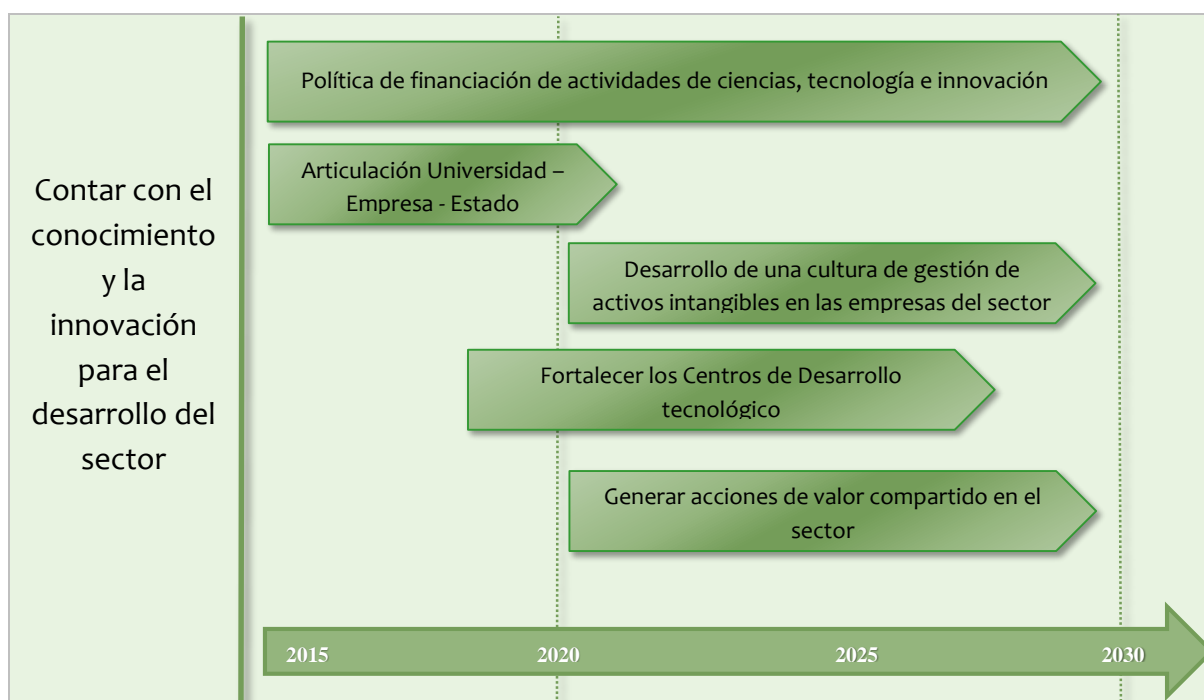


Figura 80 Resumen de las acciones para la línea conocimiento e innovación.

Fuente: Elaboración propia

10.3 Eje Estratégico 3: Capital humano

Luego del equipo consultor haber estudiado este lineamiento, y de haber realizado el Delphi con expertos del sector, se identificaron un grupo de acciones que son necesarias en el fortalecimiento del capital humano, entre estas está el de identificar la capacidad existente y los requerimientos de este para poder alcanzar la política energética propuesta, el fortalecimiento de las instituciones de educación superior, la formación de capital intelectual de impacto para la industria y el diseñar una política educativa de incentivos que lleven a los profesionales potenciales a seleccionar programas académicos de interés para el sector minero energético.

A continuación se describirán cada una de estas acciones, considerando los resultados del Delphi y del análisis prospectivo con MIC – MAC.



10.3.1 Evaluar la capacidad existente de talento humano para el sector, así como la demanda de este para el 2050

Existe una gran preocupación manifestada por los expertos del sector, y es que no se cuenta con los profesionales suficientes para cubrir las demandas de la industria. Además que se percibe una falta de interés por los jóvenes de estudiar carreras pertinentes a ésta.

Con el fin de evaluar esta afirmación, es necesario conocer el estado actual del capital intelectual. Es por esto que se propone la realización de un estudio que identifique los profesionales existentes en las diferentes áreas del sector. Una vez identificado la capacidad actual, se debe estimar la capacidad requerida a 2050 con el fin de tomar medidas que lleven al cumplimiento de la demanda.

Este diagnóstico debe comprobar las condiciones de esta oferta, es decir, si cumple con las expectativas del sector y de no serlo, determinar las áreas que se debe fortalecer. Para hallar la capacidad requerida se debe considerar las expectativas de crecimiento del sector, junto con sus lineamientos estratégicos y evaluar si se tiene la capacidad suficiente en las instituciones para cubrir los nuevos requerimientos.

En el análisis prospectivo, esta acción fue identificada, en el corto plazo, como una acción que ejerce gran influencia para el cumplimiento del objetivo 6. Mientras que si se estudia las relaciones que existen entre las diferentes acciones a mediano y largo plazo, ver Figura 78, se observa que ésta tiene una influencia relativamente importante sobre varias de las acciones que son altamente influyentes en todo el sistema. Por ejemplo en el largo plazo, una de las acciones que más influencia fuertemente sobre las demás acciones es la inversión privada en I+D+i, y esta a su vez, está relativamente influenciada por tener un diagnóstico de capacidad intelectual del sector, esto porque es importante conocer la oferta de profesionales para realizar las actividades de investigación, desarrollo e innovación. Por tanto se recomienda ejecutar esta acción en el corto plazo y hacer una actualización en el mediano plazo.



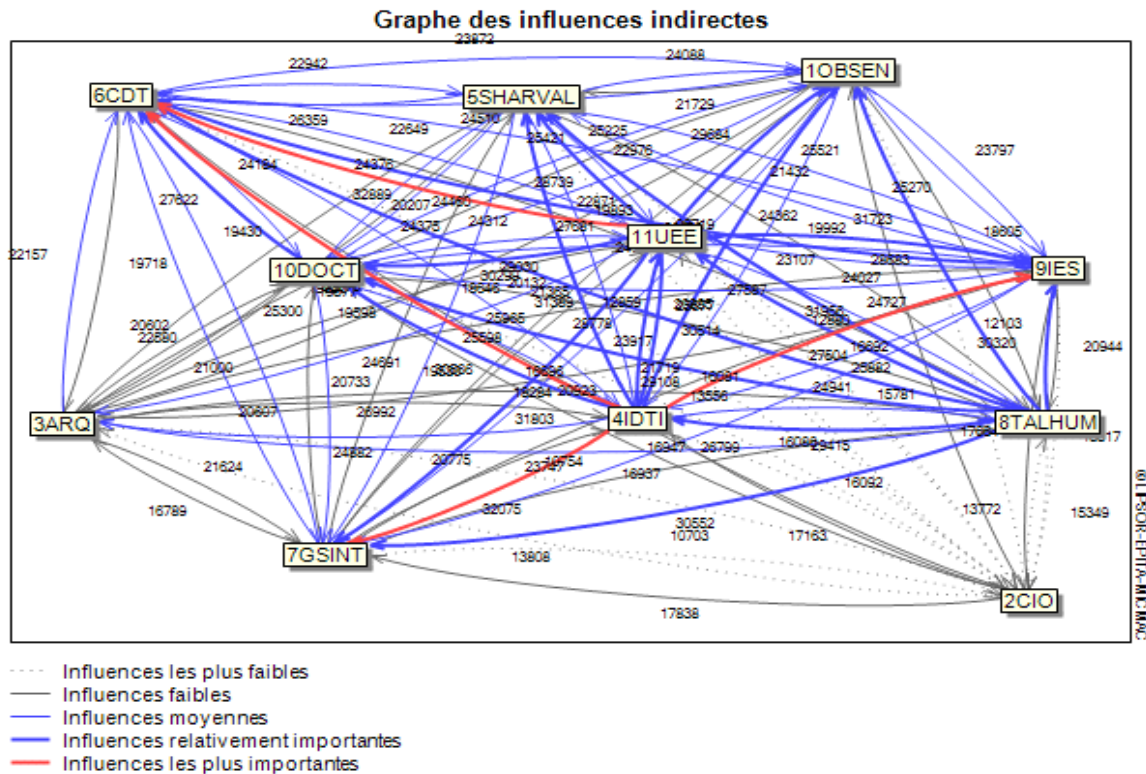


Figura 81 Relaciones de influencias y dependencias indirectas.
 Fuente: Herramienta informática Lipsor-Micmac. Basado en taller de expertos realizado.

10.3.2 Fortalecer las instituciones de educación superior

Considerando los nuevos retos que enfrenta el sector, como la investigación en nuevas tecnologías para los diferentes energéticos, la eficiencia energética, la operación eficiente de los sistemas, la explotación de nuevos recursos no convencionales, entre otros, se propone fortalecer las instituciones de educación superior, evaluando los programas existentes e incorporando nuevos programas adecuados a estas necesidades. Para esto se plantea incorporar el uso de nuevas tecnologías de información y comunicación desde la formación básica y fortalecer los programas de maestría y doctorales con mira a desarrollar sus investigaciones aplicadas en las nuevas tecnologías.

Dada la baja calificación que le dan los expertos a algunos programas como ingeniería mecatrónica, ingeniería en automatización e ingeniería de control (Ver Anexo C), se propone realizar esta actividad en el corto plazo. Y debido al sector cambiante que se avecina, se propone hacer un trabajo continuo en el mediano plazo.



10.3.3 Promoción del sector y diseñar una política educativa de incentivos

Una vez identificado la necesidad de nuevos profesionales es importante realizar acciones para cubrir la demanda. Para esto se propone diseñar una política de incentivos acompañado de una campaña de promoción del sector. Los incentivos se pueden realizar vía becas con destinación a programas específicos, que lleven a los profesionales potenciales a seleccionar los programas de interés para el sector minero energético. Estas becas pueden gestionarse vía Colciencias. La promoción del sector se puede realizar desde la industria, con una campaña en los colegios y universidades incentivando a los estudiantes potenciales a seleccionar carreras de interés para el sector.

Según el diagnóstico preliminar, los niveles de educación con mayor déficit de profesionales son los técnicos y tecnólogos. Es por eso que se espera que esta acción esté acompañada del fortalecimiento de entidades regionales como el SENA para formarlos cerca a los centros de producción de los energéticos y de esta forma involucrar a la población en el desarrollo de los proyectos.

Esta acción tiene una fuerte interrelación con realizar un diagnóstico de talento humano y fortalecer las instituciones de educación superior, dado que presenta un alto grado de prioridad para garantizar la disponibilidad de personal para atender las necesidades del sector minero energético, producto de su crecimiento y cambio tecnológico. Es por esto que se recomienda que esta acción se realice en el corto plazo.

10.3.4 Formación de capital intelectual de impacto en la industria.

Durante la realización de los talleres, entrevistas con expertos y Delphi se observó la preocupación de los agentes por el aislamiento entre las universidades y la industria, tanto a nivel de investigaciones como en el tipo de profesionales que se están formando. Es por esto, que una acción clave para trabajar a mediano plazo es la formación de técnicos, tecnólogos, universitarios, especialistas, magister y doctorados de impacto en la industria minero energética.

Esta es una acción que debe realizarse una vez realizado el diagnóstico y estructurado los nuevos programas académicos y que requerirá de la participación activa de la industria y del estado mediante la incorporación de estudiantes en formación de los últimos semestres en proyectos de interés para la industria, con el apoyo del Estado. Esto último para los estudiantes de pregrado. Para el caso de los estudiantes de postgrado, las investigaciones que se realicen deberán estar enfocadas en las necesidades actuales de las empresas. Una manera de hacerlo es incentivar a las empresas a patrocinar a estudiantes de maestría o doctorado que investiguen en temas de interés para el sector.

Si bien esta medida puede ser iniciada en el corto plazo, los primeros resultados se podrán ver en el mediano plazo.



Esta acción puede acompañarse de la estimulación a la creación de escuelas de capacitación por parte del sector productivo, con el fin de capacitar a los profesionales en los temas de su interés. Bajo esta modalidad se garantiza la transferencia del conocimiento interno de la empresa.

10.3.5 Resumen de las Acciones para la Línea Capital Humano.

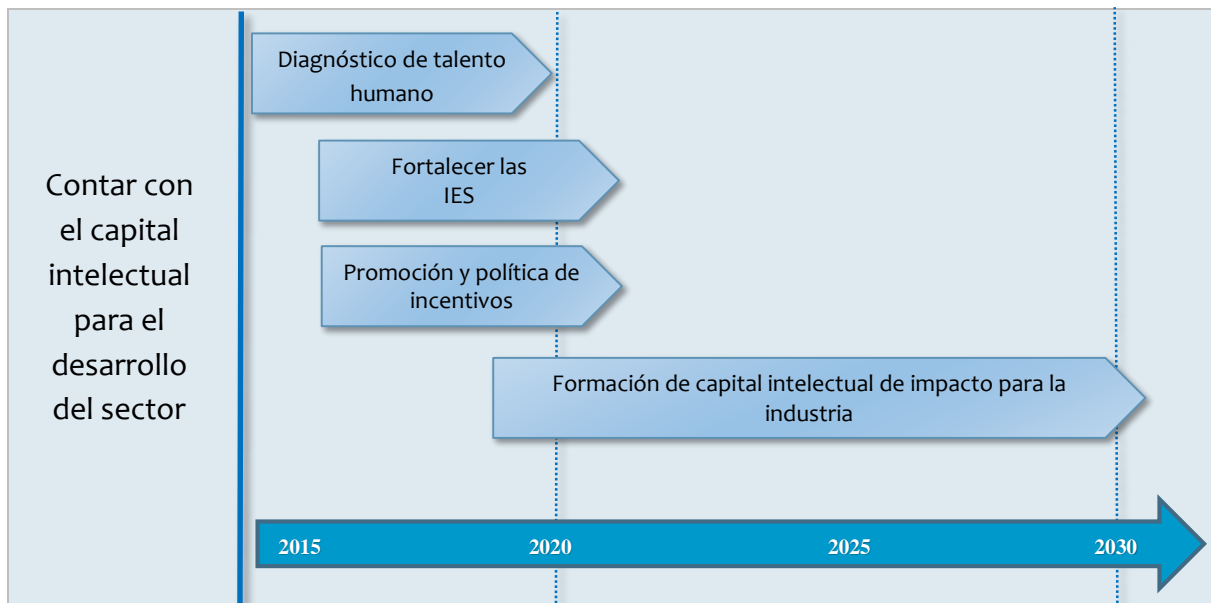


Figura 82 Resumen de las acciones para la línea capital humano.

Fuente: Elaboración propia

10.4 Consolidación de mapa de ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector

En la Figura 80 se plasma el diagrama resumen de las acciones para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector en el 2050. Las acciones del centro son las propuestas para el corto plazo y las ubicadas en la circunferencia externa son de largo plazo, en el medio se encuentran algunas acciones que se traslapan en línea de tiempo y otras que comparten por las diferentes líneas de acción, todo ello es muestra de que el sistema es altamente dependiente y que se hace necesario emprender acciones efectivas en paralelo de mayor o menor intensidad según se requiera.



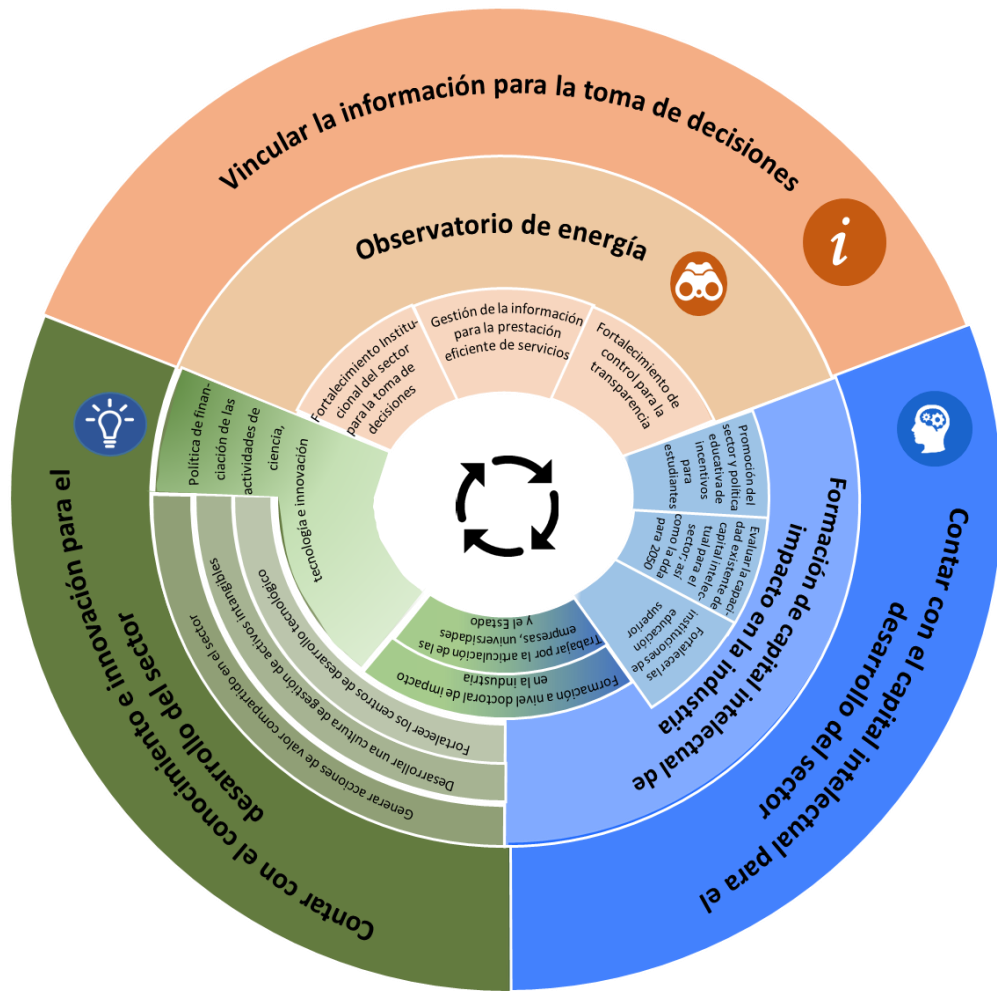


Figura 83 Esquema Sistémico del Mapa de Ruta para vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

Fuente: Elaboración propia



11 RECOMENDACIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.

Con el fin de soportar cuantitativamente los mapas de ruta producto del estudio de futuro desarrollado y presentado en los capítulos anteriores, y de formular las estrategias y participación de los diferentes actores institucionales e industriales del sistema energético y de conocimiento e innovación, se presenta en este capítulo los resultados obtenidos de la modelación y simulación de los mapas de ruta de cada uno de los objetivos propuestos, que permitan formular las estrategias de implementación de los mapas y la propuesta de la participación de los actores, mediante la definición del papel y el alcance de cada uno conforme la metodología de la Matriz RACI, donde para cada actor y las líneas estratégicas y acciones del mapa de ruta se define el rol y alcance conforme su carácter dentro de la Matriz RACI: Responsable, Aprobador, Consultado e Informado.

11.1 Recomendaciones con base en los análisis cuantitativos sobre los mapas de ruta

Para los análisis cuantitativos de futuro, se desarrollaron dos modelos específicos para cada mapa de ruta, para el objetivo 5 “mantener los ingresos, viabilizar la transformación productiva y generación de valor” se implementó un modelo de Balance Energético, cuyo detalle es presentado en el Anexo F1, y donde se simula al año 2050 el balance entre producción y consumo energético en Colombia, y permite calcular los ingresos correspondientes para determinar de manera cuantitativa las estrategias generales y específicas que se deben desarrollar para cumplir con el objetivo de mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor, en armonía con las acciones del mapa de ruta definido.

Igualmente, para el objetivo 6, vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector ,se implementó un modelo en Dinámica de Sistemas, Anexo F2, que integra bajo el concepto del Pensamiento Sistémico, todos los elementos que conforman el complejo sistema de generación de conocimiento, información e innovación, a partir del estado actual de capital humano y del sistema de Ciencia y Tecnología en Colombia que permita desarrollar las capacidades requeridas conforme las exigencias del desarrollo de la cadena energética simulada en el modelo de Balance Energético.

En tal sentido, en los numerales siguientes 11.1.1 y 11.1.2, respectivamente, se presenta la síntesis de los análisis cuantitativos de los mapas de ruta de los objetivos 5 y 6 del Ideario Energético 2050.



11.1.1 Recomendaciones para mantener los ingresos, viabilizar la transformación productiva y generación de valor.

De acuerdo con el ejercicio de sensibilidades realizado para el Balance Energético (Anexo F1), se hallan los niveles de energía requeridos por cada energético, los cuales se presentan en la siguiente tabla, a niveles horarios para cada escenario de demanda UPME.

Tabla 29. Requerimientos adicionales de energía.

Fuente de datos: elaboración propia

ENERGÉTICO	E1	E2	E3	E4	E5	E6
CRUDO META 1 [kBr]l	3,333,315	3,333,315	3,333,315	3,333,315	3,333,315	3,333,315
CRUDO META 2 [kBr]l	3,637,259	3,637,259	3,637,259	3,637,259	3,637,259	3,637,259
GAS META 1 [TPC]	6.07	6.07	6.07	6.07	4.36	4.72
CARBÓN [MTon]	1,369	1,369	1,383	1,383	1,262	1,349
ELECTRICIDAD [GWh]	2,980,334	3,169,426	3,296,232	5,205,788	4,808,773	2,918,064

CRUDO META 1: cumplimiento meta de producción de 1 Millón de Barriles diarios.

CRUDO META 2: cumplimiento de PIB mayor a 8%

GAS META 1: cumplimiento de PIB mayor a 0.6%

CARBÓN META 1: cumplimiento de PIB mayor a 2.5%

Para el caso de crudo, dado el diseño del balance, en el que el precio de venta nacional y de importación o exportación es el mismo, conduce a que no existan diferencias en el perfil de ingresos para los diferentes escenarios de consumo, debido a que este solo depende de las reservas nacionales de energía, las cuales no cambian, y son independientes de los niveles de importación o exportación que se presenten para cada escenario. Este hecho solo se presentó para este energético, y en los demás sí existe cambio de ingresos asociados al cambio en el escenario.

Para el gas, se obtienen menores requerimientos de reservas en los escenarios 5 y 6, debido a que en estos dos los niveles de demanda caen, de acuerdo con la información suministrada por parte de la UPME.

Para el carbón, si bien no se presenta un cambio significativo en el horizonte de análisis que representen, en primer lugar, que los ingresos procedentes del mercado energético cambien significativamente, debido a, el bajo peso que el Carbón tiene en el PIB en comparación con el crudo, y en segundo lugar, no se obtienen PIB negativos, que impliquen que este mercado en algún año del horizonte de análisis se convierta en un costo para el país, como sí ocurre con el gas, se realizó un análisis de sensibilidad para conservar en el caso del carbón, los niveles de PIB en un 2.5%.



Para la electricidad, se presentan los niveles de electricidad en GWh acumulados, en comparación con la oferta nacional entregada en el 2014 (63571 GWh) lo que representan crecimientos máximos para cada escenario de: 64%, 71%, 83%, 293%, 255% y de 62%.

En las siguientes figuras se muestran los requerimientos anuales de energía para cada sector.

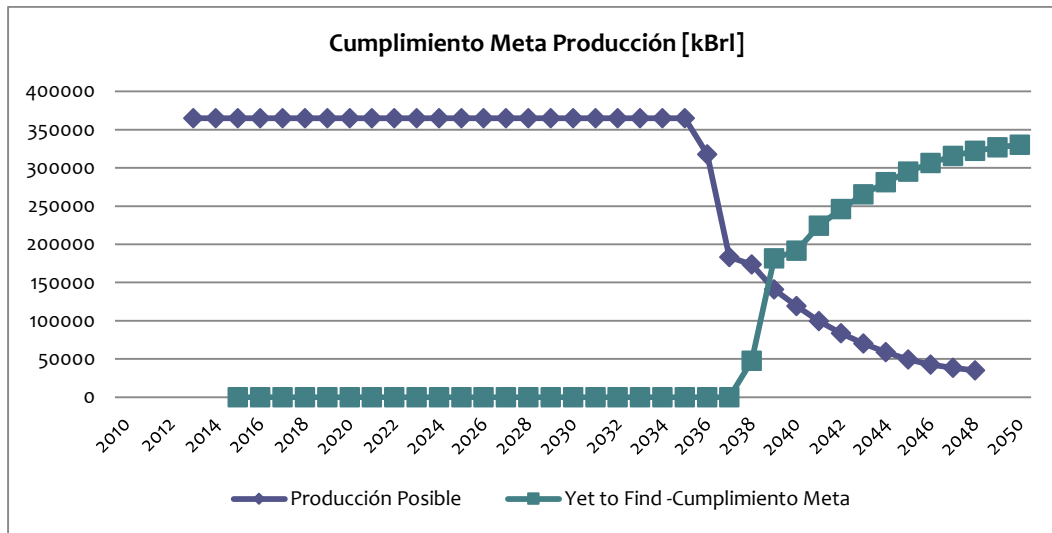


Figura 84. Cumplimiento Meta Producción

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

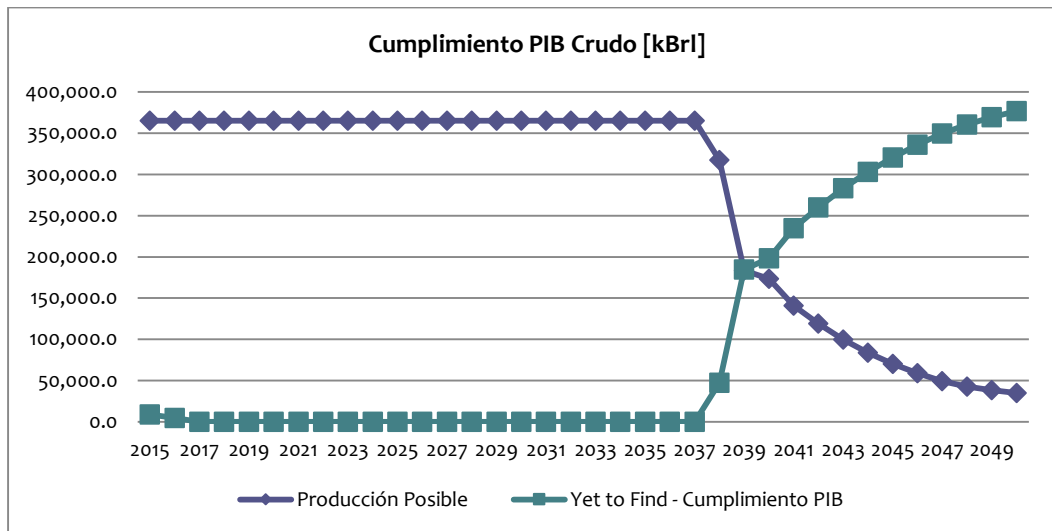


Figura 85. Cumplimiento PIB Crudo para cada Escenario

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia



De acuerdo con las asimetrías de los precios para el crudo, que se expusieron anteriormente, se da un comportamiento tipo espejo en los requerimientos, sean estos el mantener la meta de producción o el PIB del sector.

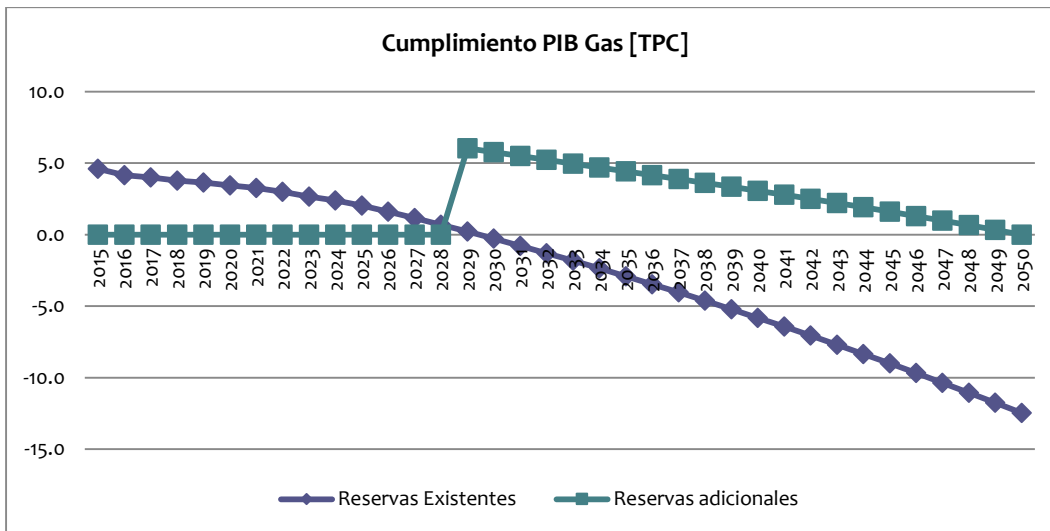


Figura 86. Cumplimiento PIB Gas Escenario 1

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

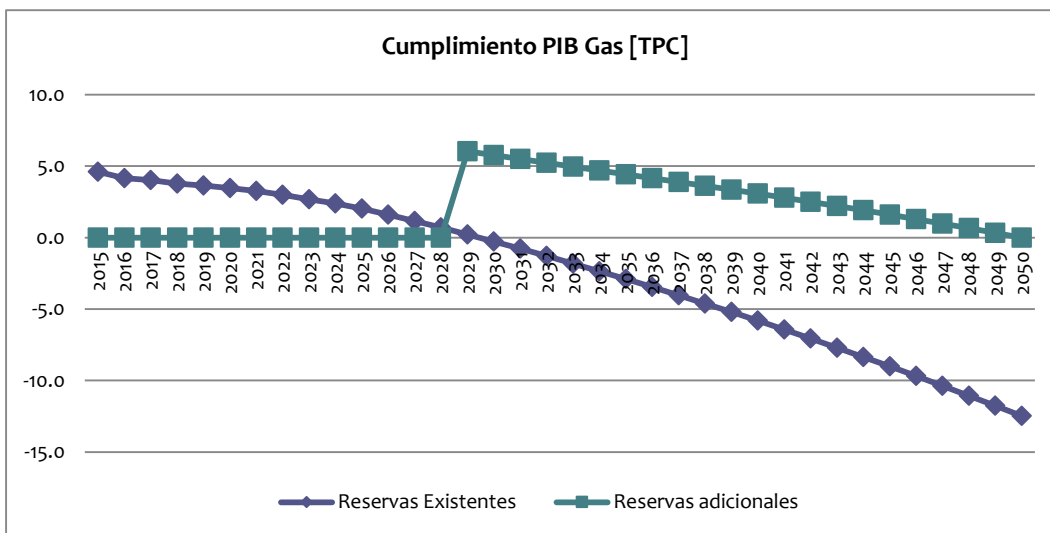


Figura 87. Cumplimiento PIB Gas Escenario 2

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia



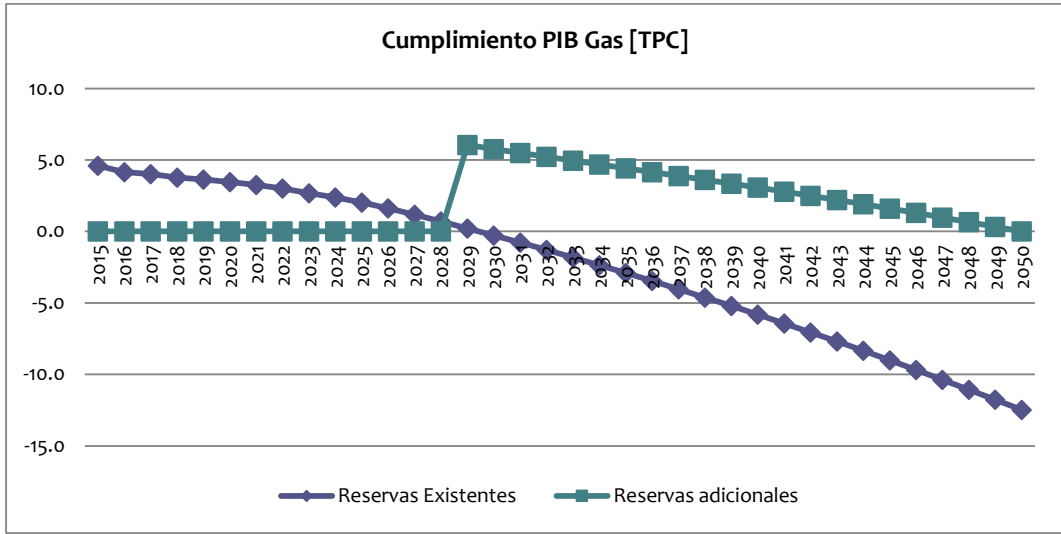


Figura 88. Cumplimiento PIB Gas Escenario 3

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia

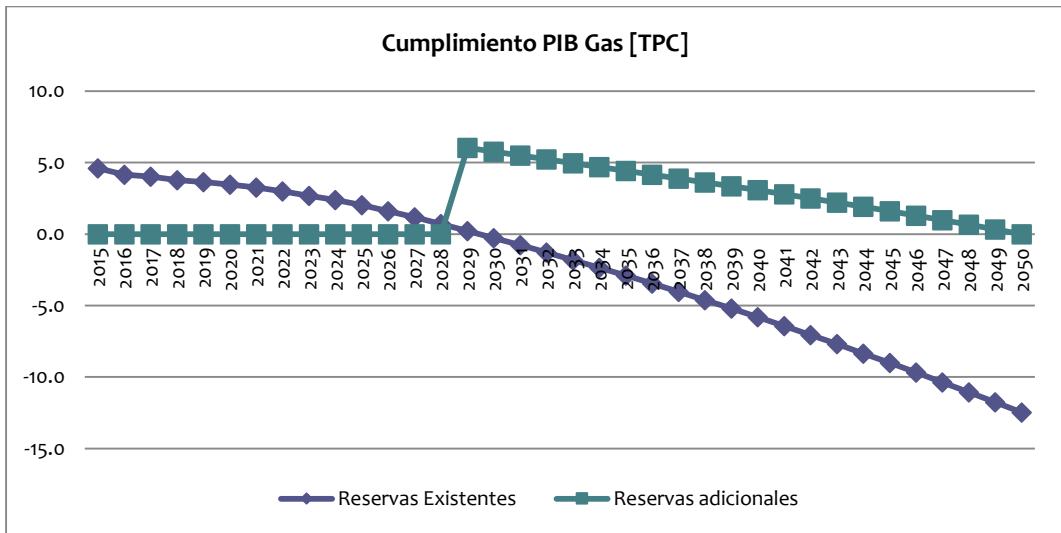


Figura 89. Cumplimiento PIB Gas Escenario 4

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia



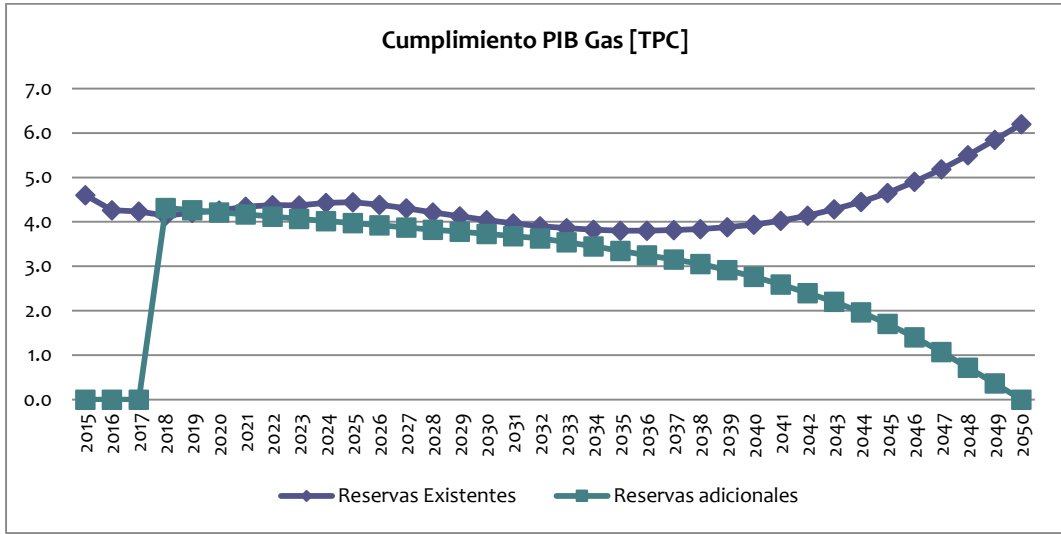


Figura 90. Cumplimiento PIB Gas Escenario 5

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia

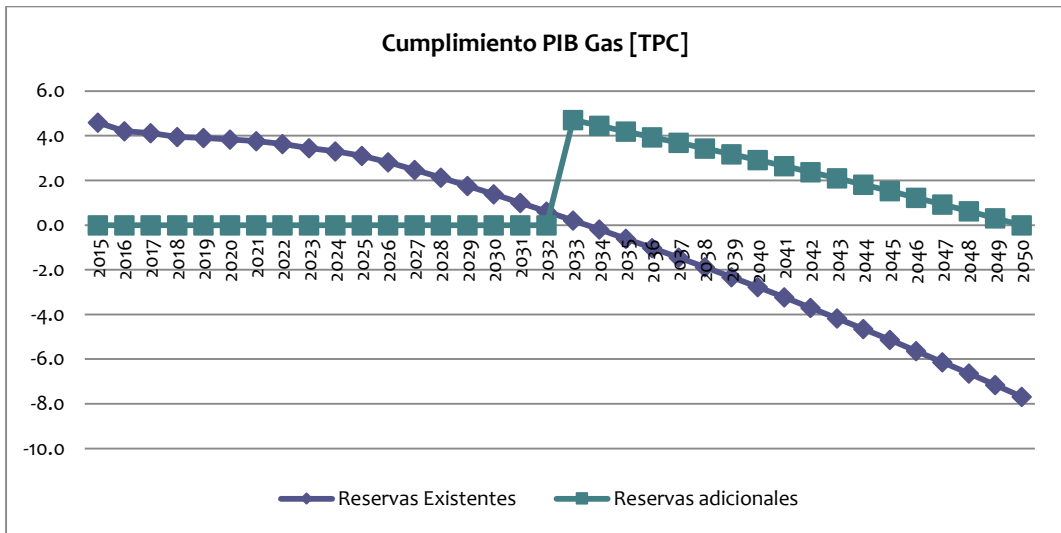


Figura 91. Cumplimiento PIB Gas Escenario 6

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia



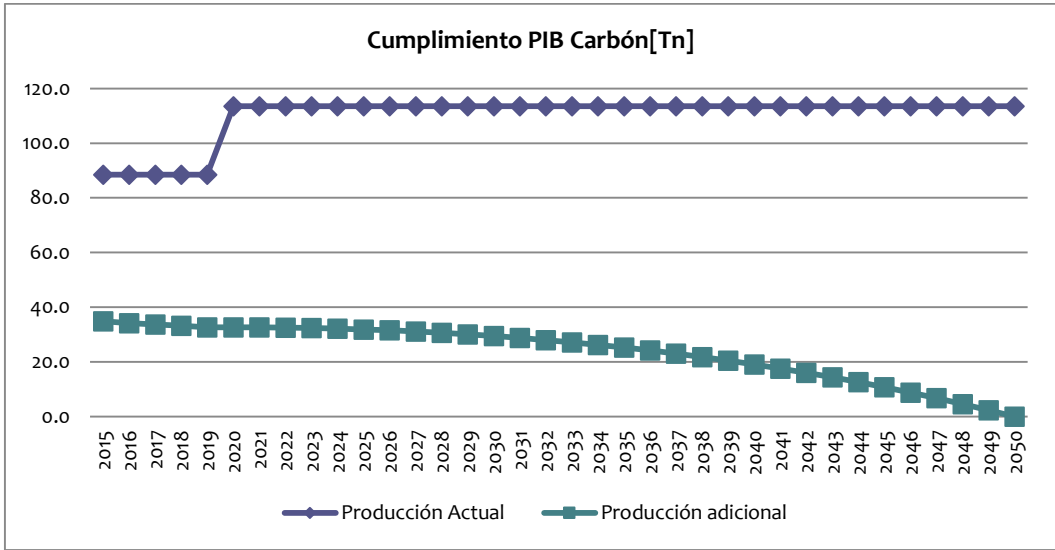


Figura 92. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 1

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

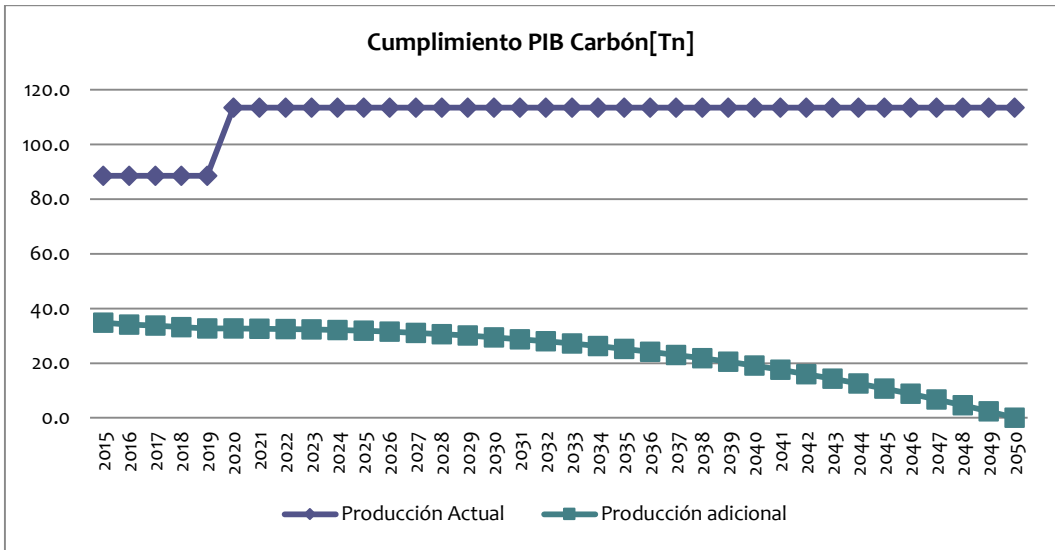


Figura 93. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 2

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia



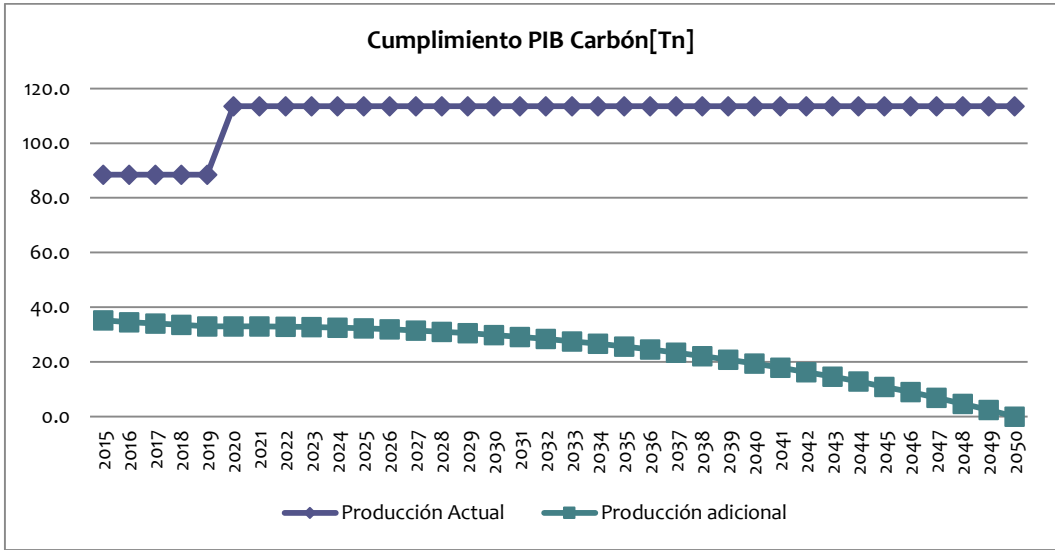


Figura 94. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 3

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

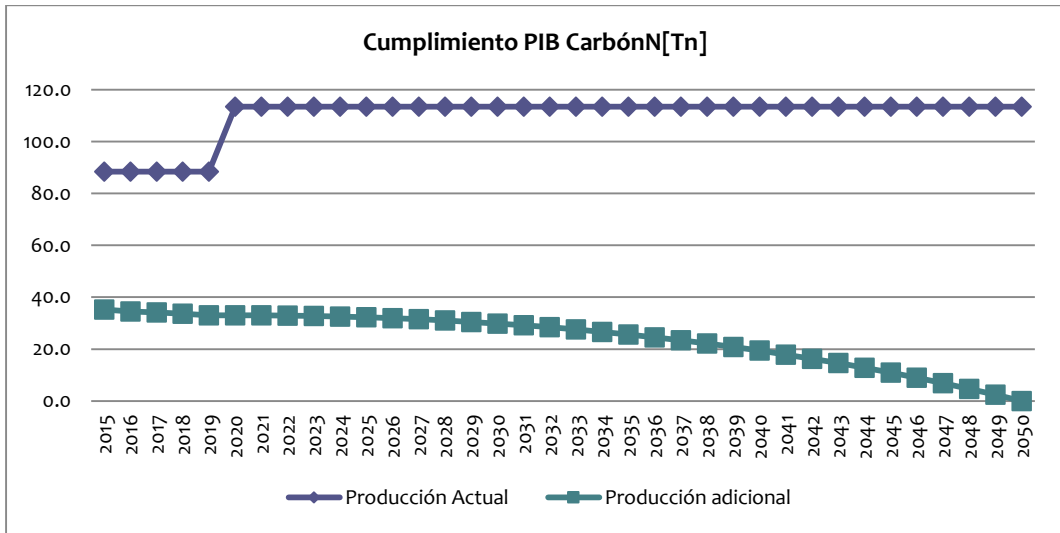


Figura 95. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 4

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia



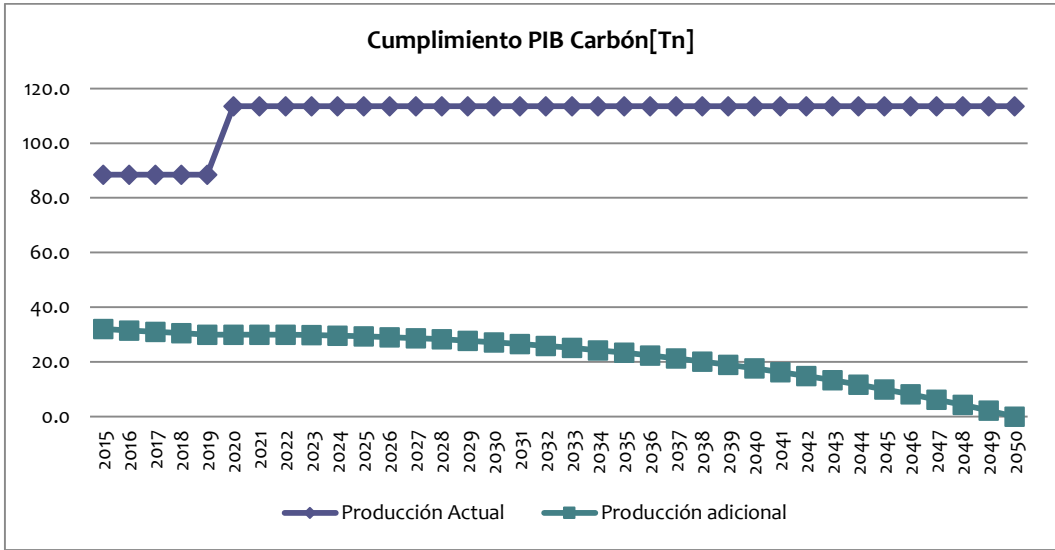


Figura 96. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 5

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

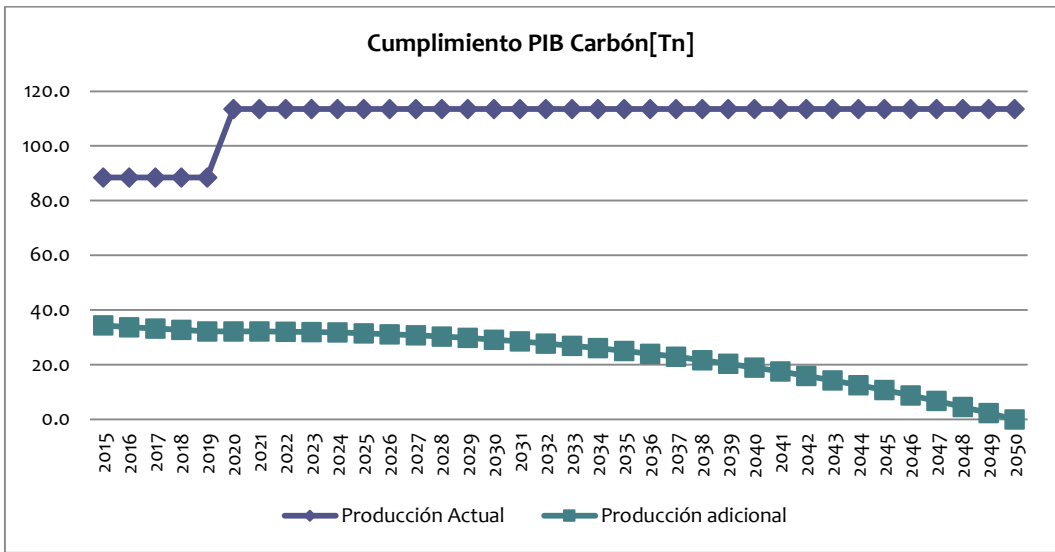


Figura 97. Cumplimiento PIB Carbón Escenario 6

Fuente de datos: elaboración propia
Fuente figura: elaboración propia

Para el sector de electricidad los niveles de producción deben ser atender las demandas esperadas por los diferentes escenarios.



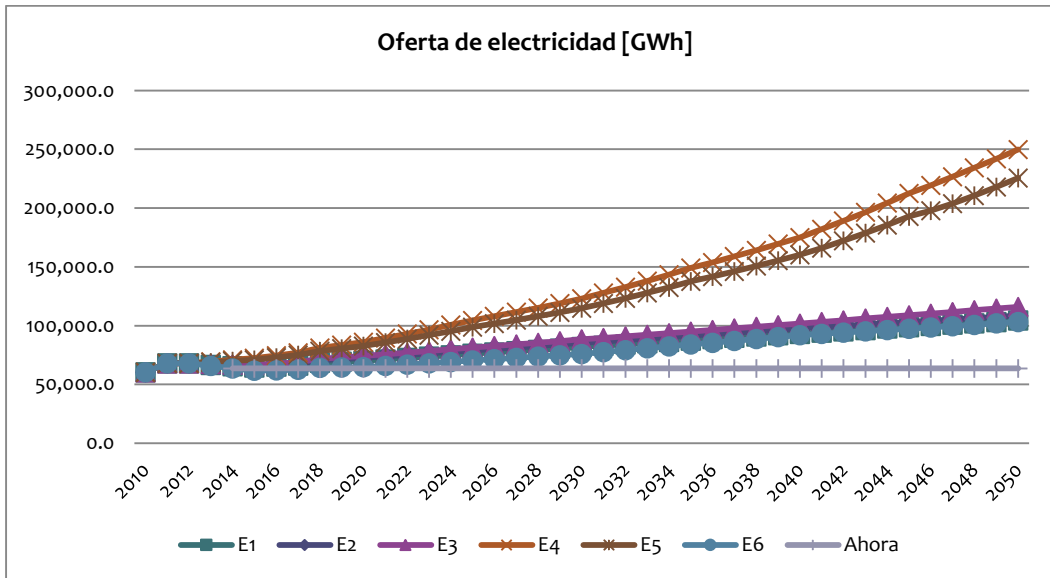


Figura 98. Requerimientos de Oferta de electricidad

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia

En síntesis, el análisis de sensibilidades, realizado finalmente para determinar los requerimientos energéticos para que el país cumpla con el objetivo 5, arrojan los siguientes resultados:

Bajo los escenarios de precios tendenciales medios, se evalúa los requerimientos de recursos adicionales que se necesitan para el cumplimiento de objetivos para el crudo y el gas. Estos objetivos son:

- CRUDO: cumplimiento meta de producción de 1 Millón de Barriles diarios.
- CRUDO: cumplimiento de PIB mayor a 8%
- GAS: cumplimiento de PIB mayor a 0.6%
- CARBÓN: cumplimiento de PIB mayor a 2.5%



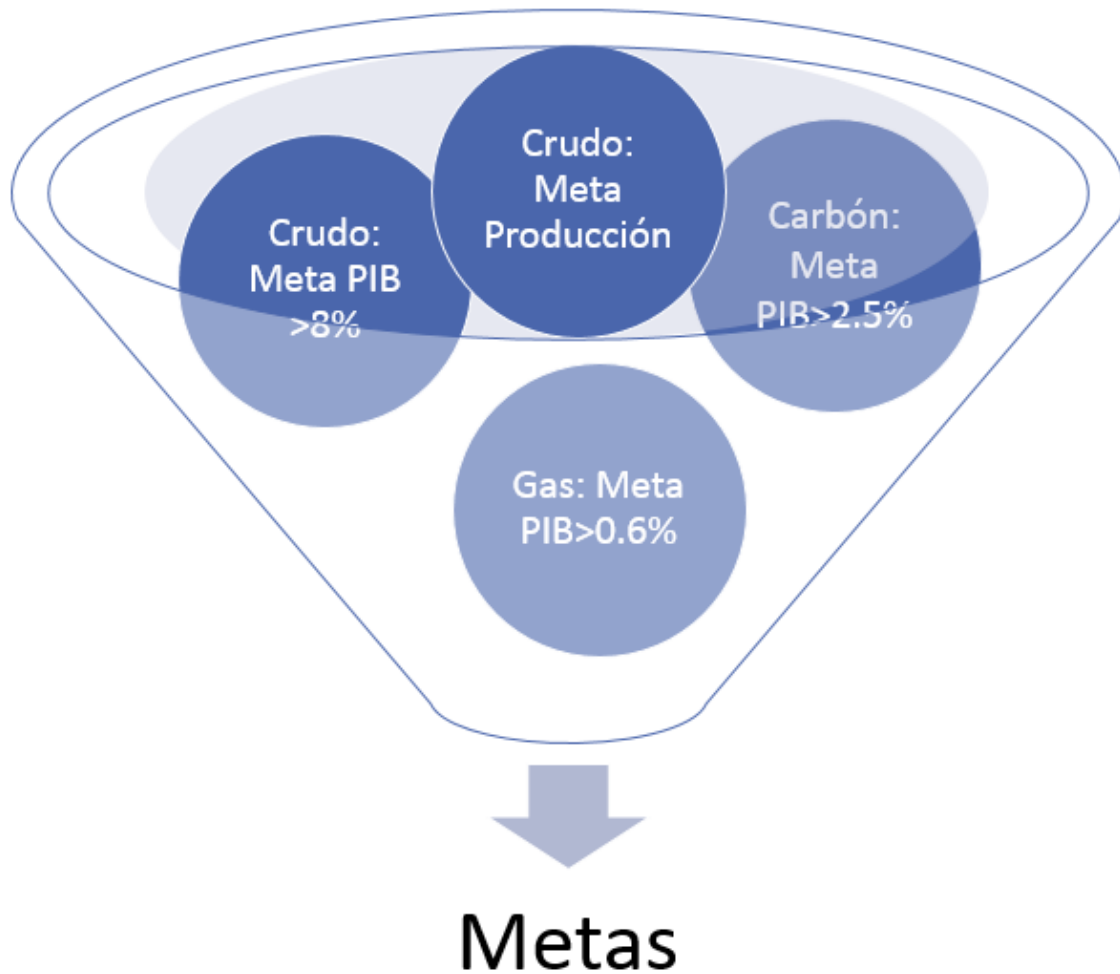


Figura 99. Sensibilidades al balance

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente figura: elaboración propia

Tabla 30 Resultados de Sensibilidades

Energético	Escenario Demanda 1
CRUDO META 1	3,333,315 [kBrl]
CRUDO META 2	3,647,444 [kBrl]
GAS META 1	6.92 [TPC]
CARBÓN META 1	1,369 [MTon]

Fuente de datos: elaboración propia

Fuente tabla: elaboración propia

De estas sensibilidades se obtienen los requerimientos de exploración y explotación de estos sectores, que le permitan al sistema tener una estabilidad económica.



Si se analizan las metas para el crudo de manera acumuladas, se necesitaría el cumplimiento primero de la meta de producción y luego la meta del PIB, adicionando a la bolsa de reservas 314,612 kBrl.

Estos resultados cuantitativos, dimensionan las necesidades energéticas del país para el cumplimiento del objetivo 5, en tal sentido las acciones definidas en el mapa de ruta deben ser encaminadas a lograr dichas cantidades, soportados por otro lado en el cumplimiento de los requerimientos de transformación productiva y generación de valor, como elemento indispensables para mantener los ingresos del sector, bajo los niveles de producción estimados.

11.1.2 Recomendaciones para el vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el desarrollo del sector.

Con respecto a vincular la información para la toma de decisiones dentro del sector, se recomienda concentrar los esfuerzos, en el corto plazo, en las acciones propuestas en el CONPES 3839 de 2015, para luego en el mediano plazo, consolidar el Observatorio de Energía como una iniciativa de la UPME, pero como independencia en su funcionamiento.

Con el fin de evaluar las políticas propuestas en el mapa de ruta, se ha desarrollado un modelo basado en dinámica de sistemas (Ver Figura 11) que permita visualizar los impactos de algunas variables de decisión en la disponibilidad del capital humano a nivel de pregrado y posgrado, y del conocimiento y la innovación en el crecimiento del sector. Este modelo es descrito en el Anexo F2.

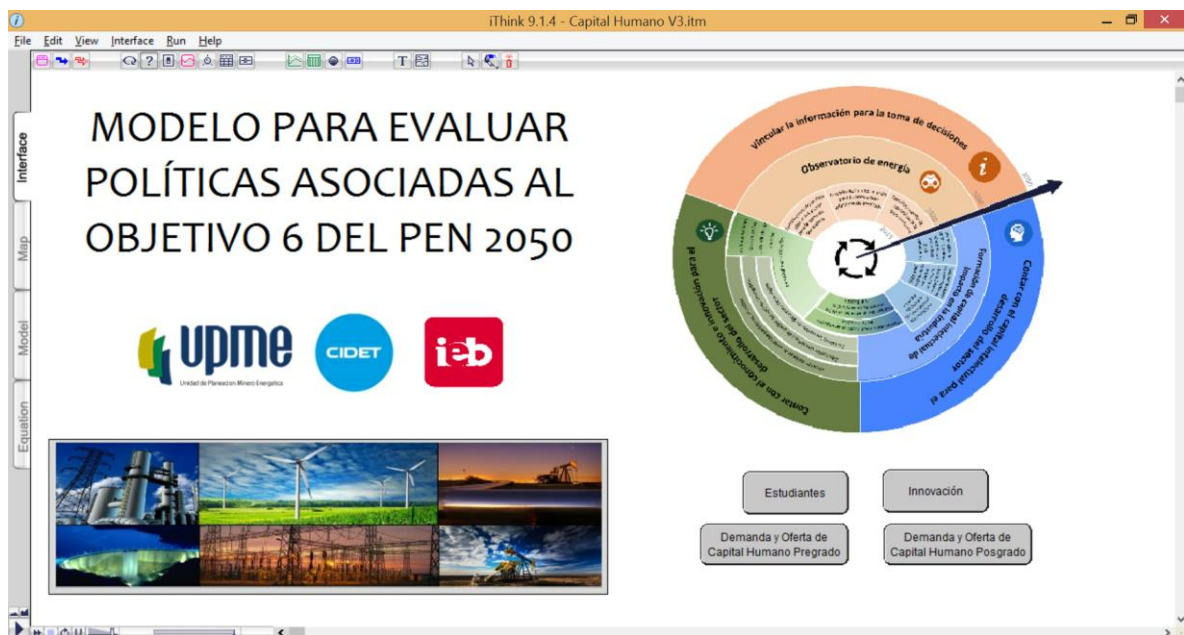


Figura 100 Modelo para evaluar políticas asociadas al Objetivo 6.

Fuente: Elaboración propia en iThink



El modelo es construido con información del SNIES, DANE, Observatorio Laboral, CIDET, entre otros. Sin embargo, no se encontró información completa acerca de la demanda y oferta de capital humano del sector; por tanto, algunas variables fueron estimadas a partir de los datos disponibles, pero que deberán ser ajustadas con el diagnóstico de capital intelectual propuesto en el mapa de ruta.

En un escenario de crecimiento de los ingresos del sector de 3,8% para los primeros 7 años, y una caída progresiva hasta alcanzar el 1% en el año 2050, se observa (A) una brecha entre la demanda y oferta de capital humano de pregrado a partir del año 8 (2022), que puede ser disminuida bajo una política intensa de promoción del sector en el corto plazo, como se observa en la Figura 12 (B). Para poder tener este crecimiento en la oferta es necesario duplicar los cupos en las Instituciones de Educación Superior para el 2050.

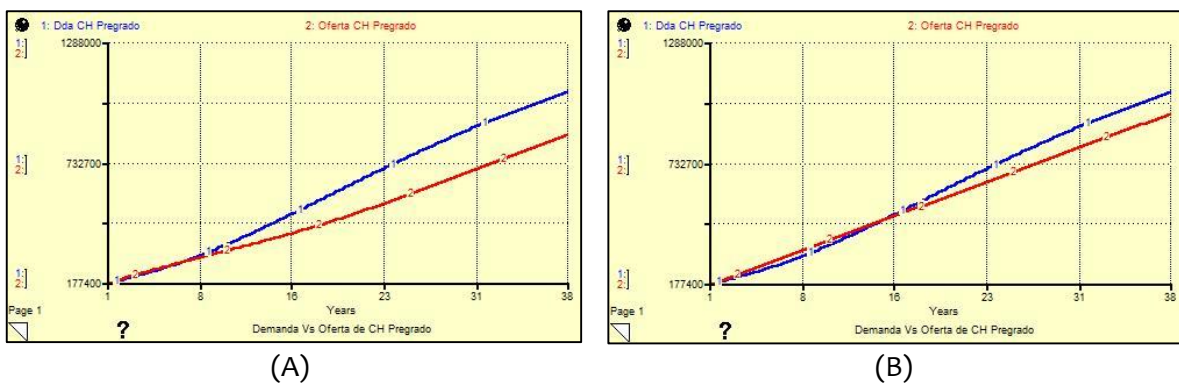


Figura 101 Demanda Vs. Oferta de CH Pregrado. Esc Optimista.
(A) Sin promoción del sector. (B) Con promoción del sector.

Fuente: Elaboración propia en iThink

Bajo un escenario de crecimiento conservador, como el presentado en el balance energético del objetivo 5 (E1 Manteniendo los ingresos), se tienen la relación entre oferta y demanda de capital humano mostrada en la Figura 13.

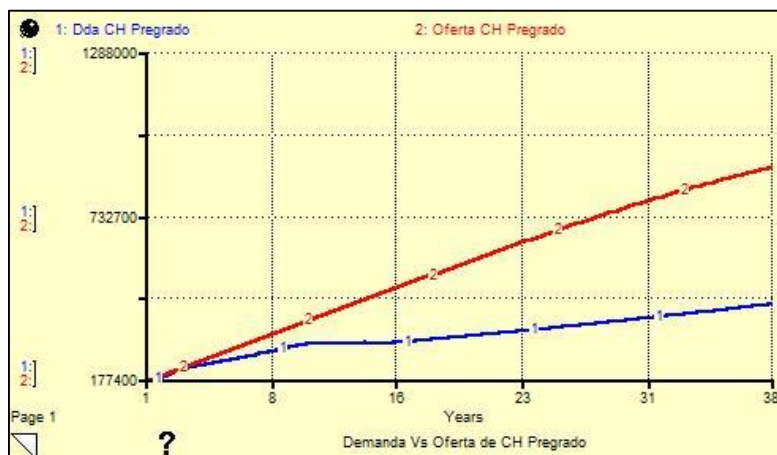


Figura 102 Demanda Vs. Oferta de CH Pregrado. Esc Balance Energético E1.

Fuente: Elaboración propia en iThink



Se observa una sobreoferta de capital humano, puesto que el crecimiento del sector no es lo suficientemente alto para absorber toda la oferta. Bajo este escenario, los esfuerzos se deben concentrar en especializar el capital humano en las necesidades del sector que puedan generar valor agregado y aumentar la productividad. Para ello se requiere fortalecer las instituciones de educación superior ajustando los programas existentes a las nuevas condiciones.

Ante una política de mayor inversión en I+D+i dentro del sector, se observa un incremento en el PIB sectorial a largo plazo, ocasionado por el aumento de las patentes provenientes de proyectos de investigación (Ver Figura 14).

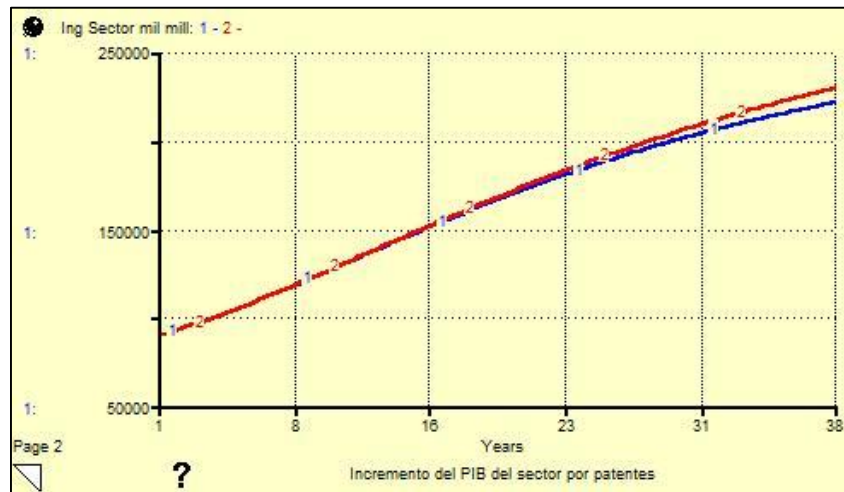


Figura 103 Incremento del PIB Sectorial por Incremento en patentes.

Fuente: Elaboración propia en iThink

Esta política debe estar acompañada por un programa eficaz de incentivos para los magister y doctores que se dediquen a la investigación y desarrollo del sector, produciendo activos intangibles de valor agregado que impacten el aumento de los ingresos en el mediano y largo plazo; puesto que, aunque se aumente la inversión en I+D+i (Ver Figura 15 B), el desarrollo de proyectos se ve limitado por la disponibilidad de capital humano capacitado que se dedique a la investigación.



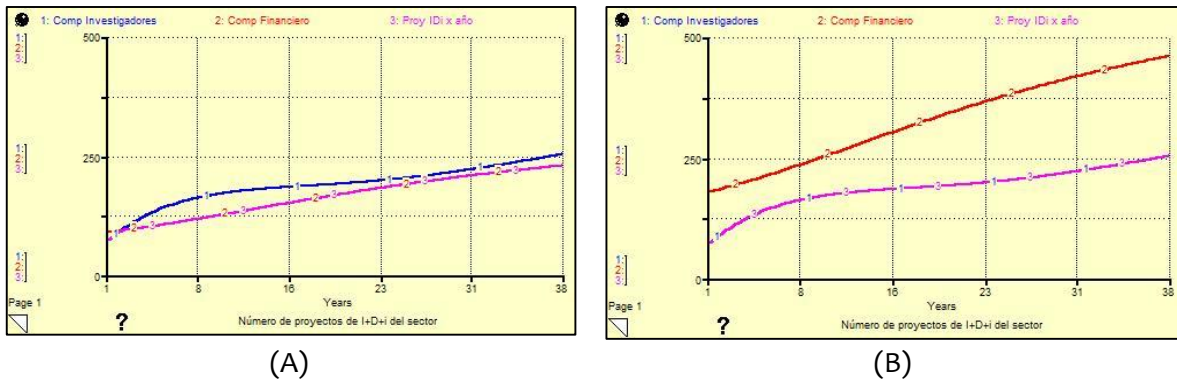


Figura 104 Número de Proyectos de I+D+i por capacidad financiera y recurso humano.
(A) Inversión del 0.1% del PIB Sectorial. (B) Inversión del 0.2% del PIB Sectorial.

Fuente: Elaboración propia en iThink

11.2 Estrategias generales para la implementación de los mapas de ruta

El éxito de un mapa de ruta depende en buena medida del nivel de compromiso adquirido por parte de los diferentes actores a cargo de su implementación. Comprometer a los actores puede lograrse a través de actividades periódicas de difusión que permitan obtener una continua realimentación y adecuación de las estrategias planteadas. Para conseguir un nivel de compromiso de los actores que garantice el éxito del mapa de ruta y por tanto el logro de los objetivos 5 y 6 del PEN 2050, se proponen las siguientes actividades: presentar y socializar los mapas de ruta de forma periódica, implementar cada una de las acciones propuestas en el mapa de ruta y realizar el correspondiente seguimiento y control de las acciones implementadas. De forma detallada se presentan a continuación.

11.2.1 Presentación y socialización de los mapas de ruta

Las actividades de presentación y socialización de los mapas de ruta se basan en la utilización de diferentes medios y herramientas de comunicación como las reuniones presenciales con los diferentes actores; en la aplicación de técnicas y herramientas para la toma de decisiones en grupo, como la consolidación del juicio de expertos basado en métodos que consideran múltiples objetivos, múltiples decisores y múltiples criterios. De forma específica, para la presentación y socialización de los mapas de ruta de los objetivos 5 y 6 del PEN 2050 se sugieren las siguientes actividades:

a) Identificación de los actores

Partiendo de la definición de actores resultantes de este estudio, la UPME debe realizar un proceso adicional de validación y complemento de dichos actores con los interesados de los mapas de ruta. Para este propósito, se sugiere realizar un primer acercamiento a los actores por medio de la socialización de los resultados de esta consultoría en las ciudades de Barranquilla, Medellín y Bogotá, con aquellos expertos



que participaron de los talleres de construcción de los mapas de ruta, con el objetivo de presentar las acciones que conforman los mapas de ruta y los responsables inicialmente identificados a cargo su implementación.

b) Asignación de roles y responsabilidades

Las acciones de los mapas de ruta deben ser desagregadas en proyectos y estos en actividades, los proyectos tienen responsables y las actividades consumen recursos, como es el recurso humano. Esto implica realizar una desagregación de del grupo de actores resultante del punto anterior por medio de instituciones y organizaciones a cargo de los proyectos y de las actividades que conforman las acciones de los mapas de ruta, Para tal propósito, se sugiere realizar un juego de actores detallado, herramienta de la prospectiva para la definición de responsables de acciones y actividades futuras.

El análisis del juego de actores es una de las herramientas de la prospectiva para el análisis de futuros, donde el principal interés está en identificar los diferentes actores que gobiernan o dominan las variables clave que fueron definidas por el análisis estructural, en este caso, los actores del sector que gobiernan o dominan las acciones que definen el mapa de ruta. Es común desarrollar el método MACTOR para realizar el análisis del juego de actores, se obtiene como resultado el nivel de influencia de los actores sobre las diferentes variables y en definitiva sobre el logro de los objetivos propuestos para el análisis de futuro.

Como herramienta de gestión de los interesados, en este caso los actores a cargo de implementar las acciones de los mapas de ruta, se propone el desarrollo de una plataforma web que permita documentar y registrar las comunicaciones e interacciones con los interesados de los mapas de ruta. Además, la plataforma web debe disponer de técnicas y herramientas de recopilación y análisis de información, así como formas de interacción y discusión para la construcción compartida de escenarios y consolidación de juicios. Finalmente, la plataforma web debe permitir la presentación de resultados gráficos y tabulados de las interacciones entre los actores y del avance de la implementación de las acciones de los mapas de ruta definidos.

Como resultado de la interacción entre los interesados de los mapas de ruta, cambios a los documentos que lo conforman, así como al mismo conjunto de acciones que lo definen y actores responsables, deben implementarse.

La Unión Temporal CIDET-IEB sugiere a la UPME para un mayor nivel de participación y compromiso de los actores, incluir a líderes del Ministerio de Minas y Energía, así como otros miembros del Gobierno relacionados en la ejecución de los mecanismos de comunicación y toma de decisiones grupal.



11.2.2 Implementación del mapa de ruta

El documento de mapa de ruta no pretende convertirse en una lista de actividades o requisitos por cumplir. Sin embargo, su implementación inicia concentrándose en las acciones prioritarias o de corto plazo como proyectos de investigación, demostraciones de tecnología, los avances en la política pública, los cambios regulatorios y compromisos financieros.

Específicamente, la implementación de los mapas de ruta pasa por la ejecución de los proyectos que definen las acciones del mapa. Dichos proyectos obedecen a un conjunto de actividades en el tiempo que consumen recursos. Es por tanto que, se requiere establecer el conjunto de recursos que cada actividad requiere y con ello, el conjunto de recursos que cada acción necesita para su implementación.

Los recursos requeridos para la implementación de las acciones de los mapas de ruta son básicamente de tres tipos: recursos financieros, recursos humanos y otros, entre los cuales se encuentran, los sistemas de información para la toma de decisiones y los sistemas soporte al desarrollo de proyectos.

La identificación y definición de recursos es necesaria para poder ejecutar los proyectos e implementar las acciones. Su conocimiento previo, permite realizar los debidos trámites para conseguir y tener disponibles los recursos en el momento necesario y con la capacidad establecida.

11.2.3 Seguimiento y control del mapa de ruta

El seguimiento y control a la implementación del mapa de ruta es dado a través del seguimiento y control a sus componentes, esto es, las acciones y los actores.

En otras palabras, el seguimiento y control de los proyectos que conforman las acciones determinan el seguimiento y control de la implementación de los mapas de ruta.

De forma general, el amplio alcance de los mapas de ruta planteados para los dos objetivos 5 y 6 del PEN 2050, el cual involucra diversos actores en todas las regiones de país, dificulta el seguimiento y control de todas las acciones. Por este motivo, el ajuste y validación de mapa de ruta frente a los intereses del país es una tarea periódica, ejecutándose cada 3 o 4 años.

Con el objetivo de realizar seguimiento a las acciones del mapa de ruta, deben establecerse indicadores energéticos, económicos, sociales y ambientales, que permita evaluar el cumplimiento de los objetivos. Así por ejemplo:

En términos energéticos se deben considerar, indicadores de la seguridad, confiabilidad y calidad en el suministro energético.

En términos económicos se deben considerar, indicadores como: el PIB, GINI, desempleo, exportaciones e importaciones.

En términos sociales, indicadores de pobreza, cobertura, acceso y equidad.



En términos ambientales se deben considerar, indicadores de emisiones de gases de efecto invernadero, deforestación y contaminación acuífera.

En la mayoría de los casos, el actor encargado de realizar el seguimiento y control a las actividades es el “Accountable o aprobador” de la matriz RACI (PMI, 2015), el cual se describe más adelante. El cumplimiento de dichos indicadores depende en gran medida del compromiso y consenso logrado entre todos los actores de la matriz.

11.3 Participación de los actores relevantes

Para las acciones descritas en el mapa de ruta, es necesario identificar las responsabilidades que tienen los diferentes actores del sector. Para tal fin se hará uso de una herramienta utilizada en la administración de proyectos llamada Matriz RACI (Por sus siglas en inglés: Responsible, Accountable, Consulted, Informed). Esta herramienta considera un formato matricial donde se muestra todas las actividades asociadas con una persona y todas las personas asociadas con una actividad (PMBOOK, 2015).

Para la implementación de los mapas de ruta se hará una adaptación de esta metodología, donde para cada acción se determina el rol que cumple un actor específico del sector, así:

Tabla 31 Esquema de la Matriz RACI

Fuente: Elaboración Propia

Acción	R	A	C	I
Acción 1	Actor n	Actor n	Actor n	Actor n
Acción 2	Actor n	Actor n	Actor n	Actor n
Acción 3	Actor n	Actor n	Actor n	Actor n

R: Actor responsable A: Actor que rinde cuentas - Aprueba informado C: Actor consultado I: Actor

Esta herramienta permite organizar el conjunto de actores u organizaciones que tienen parte en el desarrollo del mapa de ruta, clasificando los stakeholders (interesados) en una de las cuatro categorías de la matriz RACI, que se presentan en la Tabla 4.

Uno de los objetivos de la matriz RACI es lograr asegurar que cada uno de los componentes del alcance de un proyecto esté asignado a un individuo o grupo de personas. En este caso en particular, el objetivo de la matriz RACI es lograr que cada una de las acciones del mapa de ruta esté asignado a un actor o grupo de actores a cargo de su implementación.

Tabla 32 Categorías de los interesados y responsabilidades

Fuente: Adaptada de IEA. 2014

Categoría	Definición	Responsabilidades
Responsable	Constituyen el equipo principal que refleja la categoría de responsable a nivel de trabajo. Se debe identificar un líder de proyecto para liderar y coordinar las actividades del equipo	<ul style="list-style-type: none"> Administrador de la acción (Líder del proyecto). Comunicarse con los demás stakeholders (interesados).



	principal y conducir las actividades de comunicación con los stakeholders (interesados).	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar ciclos de consulta. • Elaborar borradores. • Planear los talleres necesarios. • Documentar toda la información recogida. • Realizar el análisis.
Accountable	Es el actor que rinde cuentas sobre la acción. También se conoce como la autoridad final de aprobación. Es quien el grupo responsable le debe rendir cuentas. Debe haber un único “Accountable”. Este rol debe ser desempeñado por un representante de alto nivel con el fin de que el mapa de ruta tenga más posibilidades de ser implementado. En algunas ocasiones es conocido también como el patrocinador del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobar las metas, alcances y límites que surjan en las acciones. • Asignar los miembros del equipo de trabajo (Responsables). • Direcciona un esfuerzo analítico. • Aprueba los roles para cada actor. • Aprueba los canales de comunicación entre los interesados. • Guía el progreso de la acción.
Consulted	Son aquellos actores que no están directamente implicados en el desarrollo de la acción, pero se les consulta opiniones. Con estos existe una comunicación bilateral. Por lo general esta categoría incluye expertos representativos de organizaciones, empresas, consumidores que tienen que participar en la aplicación de las recomendaciones del mapa de ruta y logro de hitos.	<ul style="list-style-type: none"> • Asistir a los talleres. • Provee los datos requeridos. • Participa activamente en el proceso, cuando se requiere.
Informed	Son los que se verán afectados por la acción propuesta y por lo tanto necesitan ser informados. A estos se les comunica cuando la acción es terminada. Con éste sólo hay una vía de comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Ser informado sobre los resultados de la acción. • Por lo general son participantes pasivos en talleres u otras actividades requeridas dentro de la ejecución de la acción.

11.3.1 Actores Relevantes para el Mapa de Ruta “mantener los ingresos y viabilizar la transformación productiva y generación de valor”

El sector energético cuenta con una gran cantidad de interesados, se pueden clasificar por sub-sector, electricidad, hidrocarburos y minería, por tipo de agente y elemento de la cadena de valor: en electricidad, generador, transmisor, distribuidor, comercializador y usuario final (regulado y no regulado); en hidrocarburos, petróleo y gas se tienen, productores, transportadores, distribuidores y consumidores (pequeños y grandes clientes); similar el caso de minería. Sin dejar a un lado, los interesados representantes del gobierno nacional como son:



Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Unidad de Planeación Minero Energética, Comisión de regulación de energía y gas, las Autoridades ambientales (ANLA y corporaciones), agremiaciones, representantes de la población civil, de la academia, miembros del sistema de ciencia, tecnología y desarrollo tecnológico, asesores, consultores y prestadores de servicios del sector, entre otros.

Se presenta a continuación los actores relevantes que han sido identificados por la Unión Temporal CIDET-IEB como resultado del juego de actores que a nivel del equipo de trabajo fue realizado.

11.3.1.1 **Petróleo**

El área de Hidrocarburos del Ministerio de Minas y Energía apoya la implementación de las políticas que involucran a las distintas operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos a lo largo y ancho del territorio nacional, formulando los lineamientos relacionados con la gestión integral del petróleo, gas y biocombustibles. La Dirección de Hidrocarburos se encarga de proyectar los planes, programas y proyectos de desarrollo del sector de hidrocarburos, en concordancia con los Planes Nacionales de Desarrollo. Dentro de sus tareas se encuentra la preparación de reglamentos técnicos, la regulación del transporte de crudos, el diseño de mecanismos para la distribución de combustibles y el seguimiento a las concesiones de áreas de servicio exclusivo de gas natural, entre otras funciones (MME, 2015).

- **Ministerio de Minas y Energía (MME):** El objetivo y las funciones del MME se encuentran en el decreto 381 de 2012 en los artículos 1 y 2 respectivamente.

Objetivo (art. 1) : formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del Sector de Minas y Energía.

El organismo encargado de establecer las políticas sectoriales concernientes a la energía en Colombia. Entre sus funciones están: determinar las políticas, los reglamentos y ejercer control y promoción sobre la exploración y explotación de los yacimientos de hidrocarburos, de minerales, de gas, y garantizar el suministro de la energía a través de la promoción de la generación, la expansión y la distribución de este servicio.

Entre las entidades vinculadas con el MME se encuentran

- ✓ Empresa Colombiana de petróleos (Ecopetrol)
 - ✓ Transportadora de Gas Internacional (TGI)
 - ✓ Interconexión Eléctrica S.A., E.S.P. (ISA)
 - ✓ Isagén S.A. E.S.P.
 - ✓ Financiera Energética Nacional (FEN)
- **Unidad de Planeación Minero Energética (UPME):** El objeto y las funciones de la UPME se encuentran en los artículos 3 y 4 del decreto 1258 de 2013 respectivamente.



Objeto (art3) (desagregado):

- ✓ Planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos
- ✓ Producir y divulgar la información requerida para la formulación de política y toma de decisiones
- ✓ Apoyar al Ministerio de Minas y Energía en el logro de sus objetivos y metas.

La UPME es el organismo encargado de la planeación del desarrollo de los sectores de minas y energía en Colombia, de tal manera que se sustente la formulación de políticas estatales que propendan a este fin.

Es un organismo con carácter de Unidad Administrativa Especial adscrita al Ministerio de Minas y Energía que nació en el año 1992 a partir de la antigua Comisión Nacional de Energía. Su actual estructura administrativa, sus funciones y la asignación de los recursos para su funcionamiento se establecieron a partir de la ley 143 de 1994.

- **Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH):** La ANH es la unidad adscrita al MME a cargo de identificar y evaluar el potencial hidrocarburífero del país; diseñar, evaluar y promover la inversión; asignar las áreas, negociar, celebrar y administrar los contratos de exploración y explotación de hidrocarburos de propiedad de la Nación. Tienen funciones de apoyo al MME en la formulación de la política energética, en la elaboración de los planes sectoriales y en el cumplimiento de los respectivos objetivos, así como también, fijar los precios de los hidrocarburos para efectos de la liquidación de regalías. En este caso, también se encarga de recaudar, liquidar y transferir las regalías y compensaciones monetarias a favor de la Nación por la explotación de hidrocarburos.

En términos de seguridad energética se encarga de adelantar las acciones necesarias para el adecuado abastecimiento de la demanda nacional de hidrocarburos, fijar los volúmenes de producción de petróleo, fijar el precio al cual se debe vender el petróleo crudo de concesión destinado a la refinación interna para el procesamiento o utilización en el país, y el gas natural que se utilice efectivamente como materia prima en procesos industriales petroquímicos cuando sea del caso.

- **Asociación Colombiana de Petróleo:** La Asociación Colombiana del Petróleo es la agremiación que agrupa a las compañías privadas en Colombia que desarrollan actividades de exploración, explotación, transporte y distribución de petróleo, la distribución de combustibles líquidos y lubricantes, y el gas natural.

11.3.1.2 Gas

La organización del sector del gas en Colombia tiene claramente definidas las funciones del Estado: el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) está a cargo de la política



económica del sector del gas, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) diseña y controla las políticas de desarrollo del sector; el Ministerio de Minas y Energía (MME) administra los recursos naturales, su utilización eficiente, garantiza el suministro y desarrollo sostenido del sector.

Por su parte la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), adscrita al MME, realiza la planeación del desarrollo sostenible del sector y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) se encarga de reglar las actividades del sector, promoviendo la competencia y regulando los monopolios. El Consejo Nacional de Operación del Gas Natural (CNO-Gas) asesora al regulador con el propósito de garantizar una operación segura, confiable y económica del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural (SNT); finalmente, la entidad a cargo de vigilar y controlar la prestación del servicio es la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), velando por los intereses de los consumidores.

Un esquema que representa la estructura y organización del sector del gas natural en Colombia se presenta a continuación, con ilustración de sus respectivos actores y relaciones.

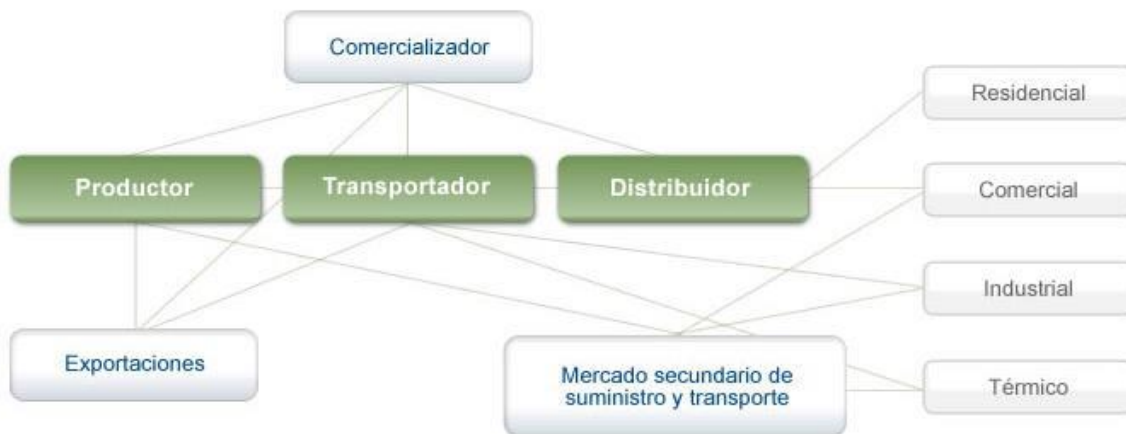


Figura 105 Organización y Estructura del sector del Gas en Colombia. Fuente:

<http://www.creg.gov.co/index.php/en/sectores/energia/estructura-energia>

El mercado del gas en Colombia está compuesto por los agentes y los usuarios que se clasifican en regulados y no regulados.

- **Regulados:** persona natural o jurídica cuyo consumo es inferior a 100 mil pies cúbicos por día (ft³d - kPCD) o su equivalente en metros cúbicos (m³). En esta clasificación están los pequeños usuarios industriales y comerciales y todos los usuarios residenciales clasificados por estratos socioeconómicos.
- **No Regulados:** persona natural o jurídica cuyo consumo es superior a 100 mil pies cúbicos por día (ft³d - kPCD) o su equivalente en metros cúbicos (m³). En este nivel de consumo están las plantas de generación eléctrica a base de gas (termoeléctricas) y grandes usuarios industriales y comerciales.
- **Agentes:** hacen posible llevar el gas natural al usuario final (productores, transportadores, distribuidores y comercializadores).

La producción es el proceso mediante el cual se realiza la extracción del gas natural de los yacimientos. El gas natural se puede encontrar como gas asociado o como gas libre, el primero está combinado con petróleo como en el campo de Cusiana y el segundo corresponde a campos con solo gas como es el caso de la Guajira.

La exploración y producción de gas natural está a cargo principalmente de ECOPETROL, con menor participación, CHEVRON, BP, PACIFIC RUBIALES, PETROBRAS, entre otras.

El transporte es la conducción del gas natural por medio de tuberías de acero y alta presión (SNT) desde los campos de producción hasta la entrada de las ciudades y grandes consumidores, como las termoeléctricas a través del Sistema Nacional de Transporte - SNT el cual se define en la Resolución CREG 033 de 1999 "*Conjunto de gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con puertas de ciudad, sistemas de distribución, grandes consumidores, sistemas de almacenamiento o con interconexiones internacionales*". La actividad de transporte de gas natural en Colombia está básicamente concentrada en dos empresas PROMIGAS para la Costa Atlántica y TGI para el interior del país.

Las compañías transportadoras tienen un rol fundamental en el mercado de Gas Natural pues determinan cuáles zonas son abastecidas, definen de forma autónoma la expansión de su sistema, a diferencia del sector eléctrico donde la expansión del sistema de transmisión nacional es centralizada, definida por el Estado colombiano y con asignación de obras por medio de convocatorias, dando lugar a la competencia y la eficiencia económica.



El transporte de gas es de naturaleza monopólica por ser una economía de red, que se beneficia de otras economías como las de escala y las de ámbito en la construcción y operación de los gasoductos. En este sentido, los costos fijos son grandes, corresponden principalmente a la recuperación de la inversión, mientras los costos variables operativos son relativamente bajos.

La actividad de Distribución es la conducción del gas natural a través de tuberías a baja presión en su mayoría de polietileno desde el SNT en la entrada a las ciudades hasta el usuario final.

La Comercialización de gas natural en Colombia se define según la Resolución CREG 089 de 2013, como la compra de gas natural y/o de capacidad de transporte en el mercado primario y/o en el mercado secundario y su venta con destino a otras operaciones en dichos mercados, o a los usuarios finales. En el caso de la venta a los usuarios finales también incluye la intermediación comercial de la distribución de gas natural.

Exportaciones. En el 2007 Ecopetrol, PDVSA (petrolera venezolana) y Chevron suscribieron un contrato mediante el cual determinaron las condiciones para compra y venta de gas natural entre Colombia y Venezuela durante 20 años (CREG 2, 2014) contrato que definió exportaciones Colombia por 150 MPCD hasta 2001 e importaciones a partir de 2012.

Para que un distribuidor o usuario no regulado, como los generadores térmicos, pueda tener el servicio de gas natural lo debe hacer a través de contratos separados e independientes con el productor y el transportador, e incluso el distribuidor si fuera el caso, a diferencia de otros sectores donde el usuario sólo debe negociar el suministro.

- **Comisión de Regulación de Energía y Gas:** Creada en el año 1994 gracias a la promulgación de las leyes 142 y 143. Este organismo está adscrito al Ministerio de Minas y Energía en calidad de Unidad Administrativa Especial.

La misión de la CREG es promover la competencia en el sector de servicios públicos de energía eléctrica y gas, así como regular los monopolios en los subsectores donde no sea posible la competencia, con el fin de incentivar la calidad en la prestación de estos servicios y la eficiencia económica de las empresas participantes en el sector.

Su estructura la conforman el Ministro de Minas y Energía, quien es el presidente de la comisión; el Ministro de Hacienda y Crédito Público; el Director del Departamento Nacional de Planeación; el Superintendente de Servicios Públicos Domiciliarios, que actúa en la comisión con voz pero sin voto; y cinco expertos en temas energéticos y regulatorios nombrados por el Presidente de la República para un período de cuatro años.



11.3.1.3 Carbón

Un esquema de organización y funcionamiento del sector carbón puede observarse a continuación

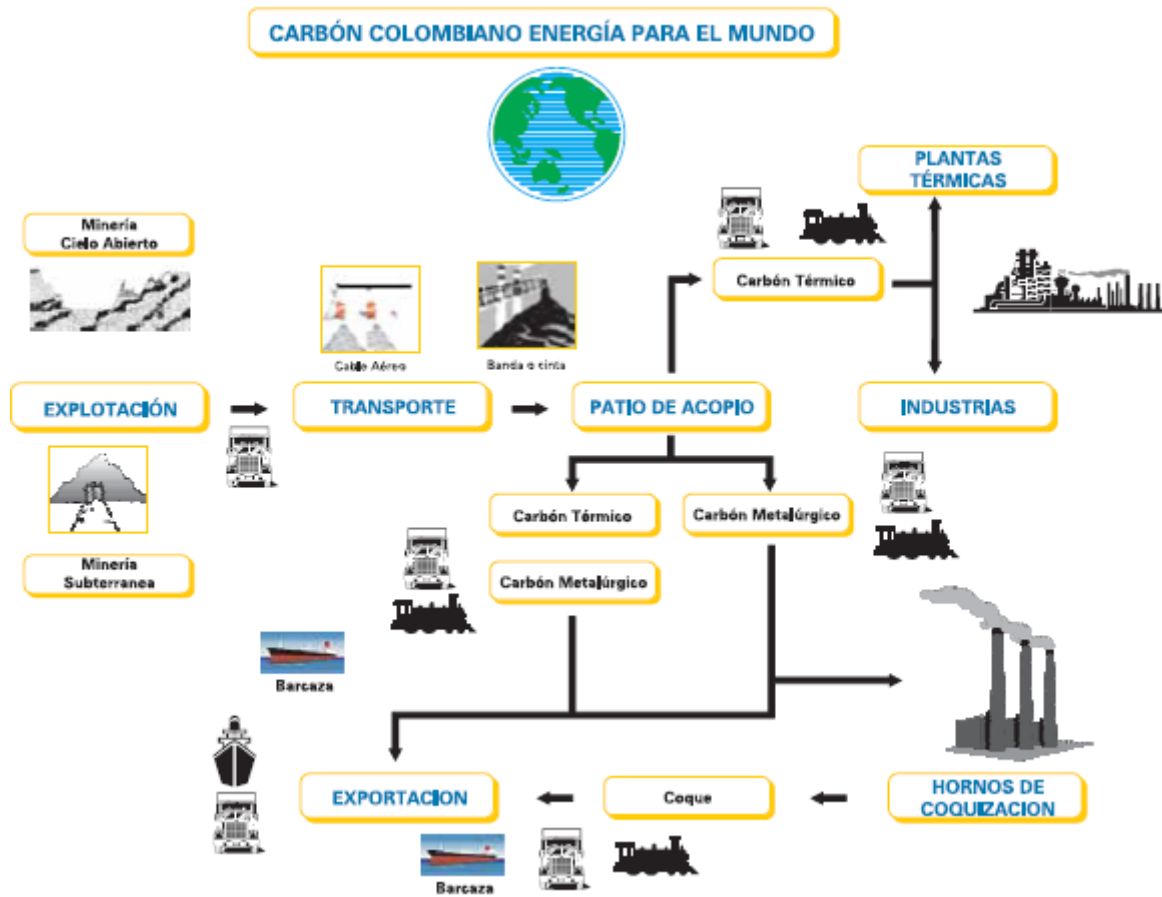


Figura 106 Cadena del Carbón

Fuente: UPME, 2012.





Figura 107 Esquema de organización del sector Carbón

Fuente: Elaboración Propia

- **Servicio Geológico Colombiano**
 - ✓ El objetivo del SGC se presenta en el art. 4 del decreto 4131 de 2011 y se presenta a continuación desagregado:
 - ✓ realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo
 - ✓ adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico
 - ✓ administrar la información del subsuelo
 - ✓ garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país
 - ✓ coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación.
- **Instituto de Investigación e Información Geo-científica, Minero Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS):** Es un establecimiento público adscrito al MME
- **Agencia Nacional de Minería:** Los objetivos y la funciones de la ANM están determinados en los artículos 3 y 4 del decreto 4134 de 2011 respectivamente.

Objetivos (art 3):

- ✓ Administrar integralmente los recursos minerales de propiedad del Estado
- ✓ Promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos mineros de conformidad con las normas pertinentes y en coordinación con las autoridades ambientales
- ✓ Hacer seguimiento a los títulos de propiedad privada del subsuelo cuando le sea delegada esta función por el Ministerio de Minas y Energía de conformidad con la ley.



11.3.1.4 Electricidad

Un esquema que representa la organización del sector eléctrico colombiano se presenta a continuación

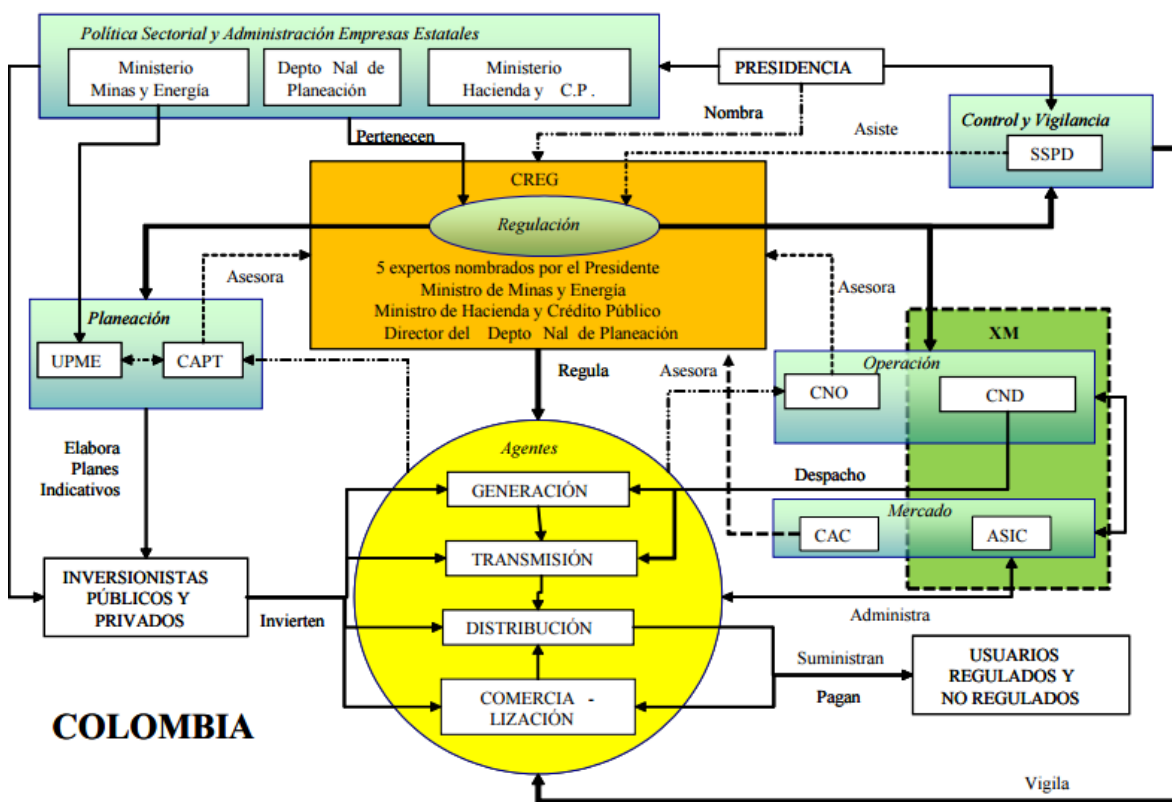


Figura 108 Organización del sector eléctrico

Fuente: CREG, 2015.

Relacionado con el sector de energía eléctrica, el Ministerio de Minas y Energía está encargado de establecer las políticas que tratan sobre la generación, la transmisión, las interconexiones y la distribución de energía eléctrica, y de formular normas técnicas relacionadas con este bien. A su vez, está encargado de divulgar las políticas desarrolladas y establecer los planes de expansión del servicio de energía eléctrica en el territorio colombiano.

- **Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD:** Entidad encargada de la vigilancia y el control de las empresas prestadoras de servicios públicos de energía eléctrica y gas. Esta entidad fue creada a partir de la constitución de 1991 por delegación del Presidente de la República.

Las funciones que cumple la SSPD consisten en proporcionar información sobre las evaluaciones de gestión a las prestadoras de servicios públicos, emitir conceptos sobre la prestación de servicios públicos a comisiones y ministerios, certificar la estratificación para la aplicación de las tarifas, definir los sistemas de información contable que deben implementar las empresas prestadoras de servicios públicos, resolver recursos de apelación



y de reposición en casos concretos sobre servicios públicos, vigilar y controlar las empresas de servicios públicos de acuerdo a lo estipulado en la ley 142 de 1994, investigar irregularidades de las empresas y sancionar a las empresas que no cumplan las normas a las cuales están obligadas.

- **Entidades Asesoras:** En la estructura del Sector Eléctrico Colombiano existen dos entidades encargadas de apoyar al sector en aspectos técnicos relacionados con la operación del sistema eléctrico y con la comercialización de energía eléctrica. Estos organismos, creados a partir de las leyes 142 y 143, son el Consejo Nacional de Operación (CNO) y el Comité Asesor de Comercialización (CAC).

La función del CNO es velar por el cumplimiento del reglamento de operación y formular recomendaciones técnicas para garantizar la correcta operación del SIN bajo una óptica de seguridad, confiabilidad y mínimo costo.

El CAC tiene la función de asesoramiento a la CREG en el seguimiento y revisión de aspectos comerciales del Mercado de Energía Mayorista en Colombia. Su conformación data del año 2000, cuando se creó a partir de la resolución CREG 068 de 1999, aunque varias resoluciones de la Comisión han modificado aspectos relacionados con los alcances de sus propuestas y la conformación de su estructura.

- **Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión (CAPT):** De acuerdo con las Resoluciones CREG 051 de 1998, 004 de 1999, 022 de 2.001 y 085 de 2002, la UPME contará con un Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión, con el objeto de compatibilizar criterios, estrategias, metodologías e información para la expansión del Sistema de Transmisión Nacional.
- **Operación del SIN y Administración del MEM:** La empresa XM Compañía de Expertos en Mercados S.A. E.S.P, es la encargada de operar el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y de administrar el mercado de energía eléctrica en Colombia. Esta empresa es actualmente una sociedad anónima cuyo accionista mayoritario es Interconexión Eléctrica S.A., de quien anteriormente hacía parte como una de sus dependencias.

Aparte de los organismos encargados de la planeación, operación, regulación, vigilancia y control, en el mercado de energía eléctrica, existen los agentes que participan directamente en cada uno de los negocios de la cadena de valor de la energía eléctrica, siendo estas actividades la Generación, la Transmisión, la Distribución, la Comercialización y los Usuarios No Regulados. Algunos de estos agentes participan de manera competitiva y transan en el mercado, mientras otros son agentes económicos sin participación directamente en el mercado.

Los agentes generadores son aquellos que desarrollan la actividad de producción de electricidad, energía que puede ser transada en la Bolsa o mediante contratos bilaterales con



otros generadores, comercializadores o directamente con grandes usuarios (usuarios no regulados).

- **Comercializadores Puros:** Son aquellos actores que no poseen activos de generación ni de distribución, participando en el mercado mediante la compra y venta de energía, ya sea para suministrar energía a los Usuarios No Regulados en el Mercado de Energía Minorista o en el mismo Mercado de Energía Mayorista.
- **Comercializadores-Distribuidores:** Son aquellos actores que poseen activos de distribución y que, en el caso colombiano, tienen usuarios regulados y usuarios no regulados, por lo tanto, deben adquirir energía a precios competitivos con el fin de poder participar con mayor efectividad en el Mercado de Energía Minorista.
- **Usuarios No Regulados:** Los Usuarios No Regulados son aquellos cuyo consumo de energía o potencia instalada hace que puedan participar en el Mercado de Energía Minorista, es decir, su demanda de energía supera los 2 MW. Ellos pueden negociar libremente los costos de las actividades relacionadas con la generación y comercialización de energía.

El Usuario No Regulado, al igual que el regulado, tiene poca influencia directa sobre el Mercado Mayorista de Energía, pero a diferencia de éste, al participar en el Mercado Minorista de Electricidad, tiene una mayor capacidad de reacción y de negociación de precios.

El transporte de energía eléctrica a través del sistema de transmisión es un monopolio natural donde no es posible la competencia, siendo necesario que sea regulado y que funcione bajo un esquema de remuneración acorde con las características de esta actividad.

La función de estos agentes es mantener, administrar y operar la red de su propiedad o responsabilidad, de manera que se tenga un sistema de interconexión adecuado que garantice el buen funcionamiento del mercado y la confiabilidad para los usuarios. Los agentes transmisores están sujetos a las directrices del operador del sistema y a unas metas de disponibilidad de sus equipos fijados por el regulador.

- **Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE):** El IPSE es un establecimiento público adscrito al MME, se encarga de mejorar las condiciones de vida de las comunidades, a través de la identificación, elaboración, promoción y viabilización de proyectos para llevar energía a las localidades que no la poseen o donde la prestación del servicio es deficiente, como son las Zonas No Interconectadas (ZNI).
- **Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA):** La ANLA es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del País.

En resumen, se presenta a continuación el conjunto de actores relevantes que se encontraron para el sector minero energético.



Tabla 33 Lista Resumen de Actores Sector Energético

Fuente: Elaboración propia

No	Nombre	Sigla	P	G	C	E
1	Ministerio de Minas y Energía	MME	x	x	x	x
2	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	MHCP	x	x	x	x
3	Departamento Nacional de Planeación	DNP	x	x	x	x
4	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	ANLA	x	x	x	x
5	Unidad de Planeación Minero Energética	UPME	x	x	x	x
6	Agencia Nacional de Hidrocarburos	ANH	x	x		
7	Comisión de Regulación de Energía y Gas	CREG		x		x
8	Agencia Nacional de Minería	ANM			x	
9	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	SSPD		x		x
10	Superintendencia de Industria y Comercio	SIC	x	x	x	x
11	Asociación Colombiana de Petróleo	ACP	x	x		
12	Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear	INGEOMINAS	x	x	x	x
13	Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE)	IPSE				x
14	Servicio Geológico Colombiano	SGC	x	x	x	x
15	Consejo Nacional de Operación del Gas	CNO-Gas		x		
16	Centro Nacional de Despacho	CND				x
17	Administrador del MEM – del sistema de intercambios comerciales	ASIC				x
18	Concejo Nacional de Operaciones	CNO				x
19	Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión	CAPT				x
20	Comité Asesor de Comercialización	CAC				x
21	Agentes Sector Petróleo: productor, Transportador, Distribuidor, Comercializador y Usuario	P-T-D-C-U	x			
22	Agentes Sector Gas	P-T-D-C-U		x		
23	Agentes Sector Minero	P-T-D-C-U			x	
24	Agentes sector Eléctrico: Generador, Transmisor, Distribuidor, Comercializador, Usuario	G-T-D-C-U				x
25	Empresa Colombiana de Petróleo	ECOPETROL	x	x		
26	Transportadora de Gas Internacional	TGI		x		
27	Interconexión Eléctrica	ISA				x
28	ISAGEN	ISAGEN				x
29	Financiera Energética Nacional	FEN	x	x	x	x
30	Instituciones de Educación Superior, Centros de Investigación, desarrollo tecnológico e innovación	IES	x	x	x	x

P: Petróleo, G: Gas, C: Carbón, E: Electricidad



Luego de la lista de actores identificados como relevantes para el sector energético se procede a presentar la matriz RACI para cada uno de los tres ejes estratégicos definidos en el mapa de ruta del objetivo 5 del PEN 2050.

Tabla 34 Matriz RACI para Modelos de Negocios

Fuente: Elaboración Propia

Acción	Responsable	Aprueba	Consultado	Informado
Modernización del marco regulatorio y funcionamiento del sector	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Agentes Usuarios	Comunidad
Desarrollo de No Convencionales	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE, Agentes	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Usuarios	Comunidad
Estructurar e implementar una industria energética con base en productos de valor agregado.	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE, Agentes	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Usuarios	Comunidad
Modernización Institucional del Sector	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Agentes Usuarios	Comunidad

Tabla 35 Matriz RACI para la Definición de Política

Fuente: Elaboración Propia

Acción	Responsable	Aprueba	Consultado	Informado
Modernización Institucional del Sector	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Agentes Usuarios	Comunidad
Articular y Fortalecer el Programa de Transformación Productiva y demás	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS,	Comunidad



programas de desarrollo industrial nacional			SCG, Agentes Usuarios	
---	--	--	-----------------------	--

Tabla 36 Matriz RACI para Tecnología

Fuente: Elaboración Propia

Acción	Responsable	Aprueba	Consultado	Informado
Gestión de la Demanda	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE Agentes Usuarios	MME, ANLA, MHCP, DNP,	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG,	Comunidad
Competitividad y Eficiencia en la Cadena Energética	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE Agentes Usuarios	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG,	Comunidad
Fuentes No Convencionales de Energía Renovable	CREG, ANH, ANM, UPME, IPSE Agentes	MME, ANLA, MHCP, DNP	IES, CNO, CNO-Gas, CAC, CAPT, ACP, SSPD, SIC, INGEOMINAS, SCG, Usuarios	Comunidad

11.3.2 Actores Relevantes para el Mapa de Ruta “Vincular la información para la toma de decisiones y contar con el conocimiento, la innovación y el capital humano para el crecimiento del sector”

Para la implementación del mapa de ruta del objetivo 6 del PEN 2050 se han identificado el siguiente grupo de actores:



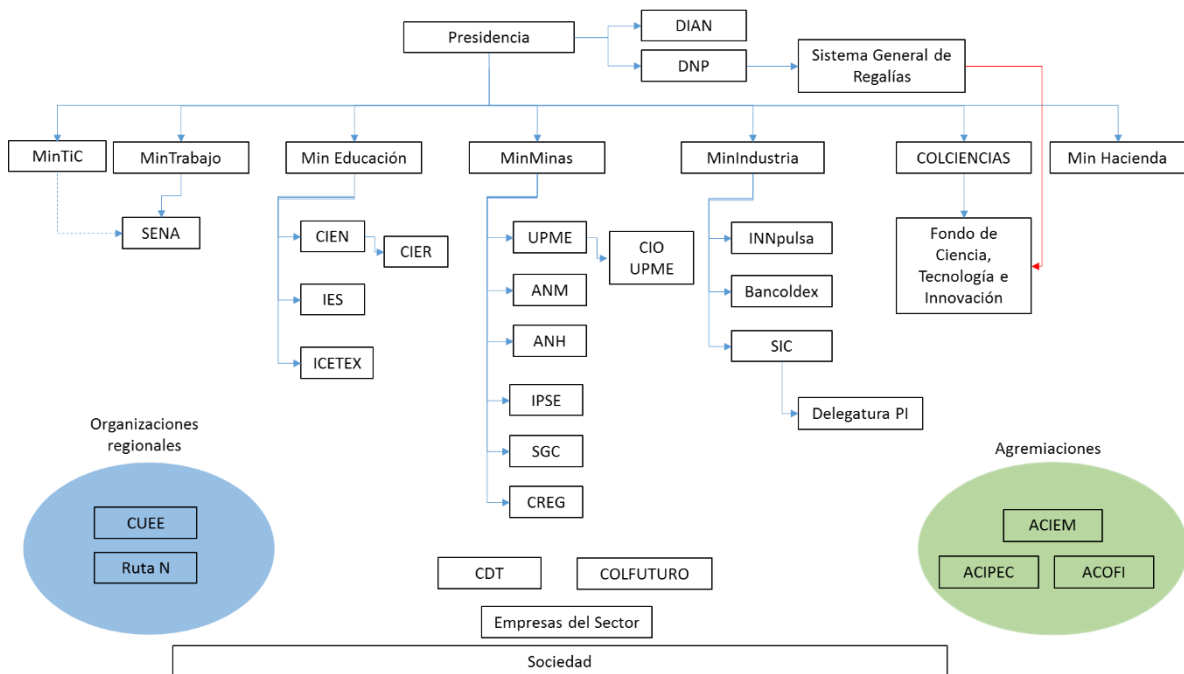


Figura 109 Esquema de actores. Objetivo 6

Fuente: Elaboración propia.

- Ministerio de Educación Nacional – MEN:** El Ministerio de educación tiene como principales objetivos: * Brindar educación inicial de calidad en el marco de una atención integral, desde un enfoque diferencial, de inclusión social y con perspectiva de derechos a niños y niñas. * Mejorar la calidad de la educación, en todos los niveles, mediante el fortalecimiento del desarrollo de competencias, el Sistema de Evaluación y el Sistema de Aseguramiento de la Calidad. * Disminuir las brechas rural - urbana entre poblaciones diversas, vulnerables y por regiones, en igualdad de condiciones de acceso y permanencia en una educación de calidad en todos los niveles. * Educar con pertinencia e incorporar innovación para una sociedad más competitiva. * Fortalecer la gestión del sector educativo, para ser modelo de eficiencia y transparencia. * Contrarrestar los impactos de la ola invernal en el servicio educativo y fortalecer las capacidades institucionales del sector para asegurar la prestación del servicio en situaciones de emergencia.
- Ministerio de Minas y Energía – MME:** entidad pública de carácter nacional del nivel superior ejecutivo central, cuya responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de los mismos, garantizando su abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales del medio ambiente con el fin de garantizar su conservación, restauración y el desarrollo sostenible, de conformidad con los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental, señalados por la autoridad ambiental competente.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público – MinHacienda:** Definir, formular y ejecutar la política económica del país, los planes generales, programas y proyectos relacionados con ésta, así como la preparación de las leyes, y decretos; la regulación, en materia fiscal,



tributaria, aduanera, de crédito público, presupuestal, de tesorería, cooperativa, financiera, cambiaria, monetaria y crediticia, sin perjuicio de las atribuciones conferidas a la Junta Directiva del Banco de la República y las que ejerza, a través de organismos adscritos o vinculados para el ejercicio de las actividades que correspondan a la intervención del estado, en las actividades financieras, bursátil, aseguradora y cualquiera otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de los recursos del ahorro público y el tesoro nacional, de conformidad con la Constitución Política y la Ley.

- **Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTic:** Se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Dentro de sus funciones está incrementar y facilitar el acceso de todos los habitantes del territorio nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios.
- **Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente:** Entidad pública encargada de definir la política Nacional Ambiental y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el desarrollo sostenible y garantizar el derecho de todos los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano.
- **Departamento Nacional de Planeación – DNP:** Entidad eminentemente técnica que impulsa la implantación de una visión estratégica del país en los campos social, económico y ambiental, a través del diseño, la orientación y evaluación de las políticas públicas colombianas, el manejo y asignación de la inversión pública y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos del Gobierno.
- **Institución de Educación Superior – IES:** Son las entidades que cuentan, con arreglo a las normas legales, con el reconocimiento oficial como prestadoras del servicio público de la educación superior en el territorio colombiano. Por su carácter académico las IES están clasificadas en:
 - ✓ *Instituciones técnicas profesionales*, son aquellas facultadas legalmente para ofrecer programas de formación en ocupaciones de carácter operativo e instrumental y de especialización en su respectivo campo de acción, sin perjuicio de los aspectos humanísticos propios de este nivel.
 - ✓ *Instituciones universitarias o escuelas tecnológicas*, son aquellas facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en profesiones o disciplinas y programas de especialización.
 - ✓ *Universidades* son las reconocidas actualmente como tales y las instituciones que acrediten su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: La investigación científica o tecnológica; la formación académica en profesiones o disciplinas y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional. Estas instituciones están igualmente facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización, maestrías, doctorados y post-doctorados, de conformidad con la presente Ley.



- **Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS:** Es un departamento administrativo encargado de promover las políticas públicas para fomentar la CT+I en Colombia. Las actividades alrededor del cumplimiento de su misión implican concertar políticas de fomento a la producción de conocimientos, construir capacidades para CT+I, y propiciar la circulación y usos de los mismos para el desarrollo integral del país y el bienestar de los colombianos.

Colciencias coordina el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-SNCTI, crear sinergias e interacciones para que Colombia cuente con una cultura científica, tecnológica e innovadora; que sus regiones y la población, el sector productivo, profesionales, y no profesionales, estudiantes y docentes de básica, media, pregrado y posgrado, hagan presencia en las estrategias y agendas de investigación y desarrollo.

Define los programas estratégicos para el desarrollo del país, la complementariedad de esfuerzos, el aprovechamiento de la cooperación internacional y la visibilización, uso y apropiación de los conocimientos producidos por nuestras comunidades de investigadores e innovadores.

Igualmente, con cargo al Fondo Nacional de Regalías, COLCIENCIAS, financia proyectos regionales de inversión de ciencia, tecnología e innovación, que beneficien a las entidades territoriales.

- **Superintendencia de Industria y Comercio – SIC:** Es un organismo técnico adscrito al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Se encarga de proteger los derechos del consumidor, de proteger la libre competencia; actúa como autoridad nacional de la Propiedad Industrial y define los derechos fundamentales relativos a la administración de los datos personales. La Delegatura para la Propiedad Industrial, dependencia de la SIC, coordina el Banco de Patentes, la Dirección de Nuevas Creaciones, la Dirección de Signos Distintivos, el Aula de Propiedad Intelectual API y los Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación CATI.
- **Centro de Desarrollo Tecnológico – CDTs:** Es una organización dedicada a desarrollar tecnología, proyectos de innovación tecnológica, proyectos de apropiación pública de la ciencia o de transferencia de tecnología en el marco de un proyecto de innovación, dotada de administración y de recursos financieros, humanos e infraestructura, destinada al desarrollo de este objeto.
- **Centro de Innovación Educativo Nacional – CIEN:** Institución dotada de alta tecnología, concebidos como centros de producción de contenidos educativos de calidad superior, formación de docentes en la producción y uso de contenidos digitales y puntos de investigación y educación. Están Ubicados en 5 ciudades del país y son operados logísticamente por instituciones de educación superior, como parte de una alianza regional, conformada a su vez por entidades territoriales, otras instituciones de educación superior de la región y empresas del sector productivo.
- **Centros de Innovación Educativa Regional – CIER:** Atienden las directrices sobre contenidos y formación docente que establezca el Centro de Innovación Educativo Nacional (CIEN). Sus funciones básicas son principalmente la producción y gestión de contenidos digitales, formación de docentes en la producción y uso de dichos contenidos,



generación de innovación educativa con el uso de las TIC'S y gestión del conocimiento a través de esfuerzos entre los niveles regionales y el nivel nacional.

- **Banco de Desarrollo Empresarial Colombiano – BANCOLDEX:** Diseña y ofrece nuevos instrumentos, financieros y no financieros, para impulsar la competitividad, la productividad, el crecimiento y el desarrollo de las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas colombianas, ya sean exportadoras o del mercado nacional.
- **INNpulsas:** Tiene como objetivo apoyar y promover el crecimiento empresarial extraordinario, es decir, a iniciativas de negocio que puedan crecer de manera rápida, rentable y sostenida. En ese sentido trabajan para fomentar la innovación y el emprendimiento de alto impacto. Actualmente centran sus esfuerzos en tres tareas principales. Para lograrlo promueven un cambio de mentalidad para superar las barreras en las formas de pensar, corrigen fallas del mercado, inyectando recursos donde sean necesarios, conectando oferta y demanda y finalmente fortalecen a los actores en las regiones para que promuevan el crecimiento extraordinario de las empresas en sus territorios.
- **ICETEX:** Entidad del Estado que promueve la Educación Superior a través del otorgamiento de créditos educativos y su recaudo, con recursos propios o de terceros, a la población con menores posibilidades económicas y buen desempeño académico. Igualmente, facilita el acceso a las oportunidades educativas que brinda la comunidad internacional para elevar la calidad de vida de los colombianos y así contribuir al desarrollo económico y social del país.
- **COLFUTURO:** Promueve, orienta y financia a los colombianos quienes quieran realizar estudios de posgrado en las mejores universidades del mundo. Gracias al apoyo del Gobierno a través de Colciencias y el ICETEX, y de donaciones de algunas empresas del país ha logrado financiar los estudios de maestría y doctorado de cerca de 9000 colombianos, en más de 775 universidades del exterior.
- **Ruta N:** Corporación creada por la alcaldía de Medellín, UNE Y EPM. Que facilita la evolución económica de la ciudad hacia negocios intensivos en ciencia, tecnología e innovación, de forma incluyente y sostenible. Su principal objetivo al año 2021, es posicionar a Medellín como la ciudad más innovadora de América Latina. Busca promover el desarrollo de negocios innovadores basados en tecnología, que incrementen la competitividad de la ciudad, dinamicen la economía, fortalezcan los clústeres estratégicos y posibiliten mejores empleos para los ciudadanos de Medellín.
- **Ejelnova:** Alianza público privada entre el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, la Alcaldía de Manizales, la Fundación Universidad Empresa Estado Eje Cafetero, la Asociación de Cámaras de Comercio del Eje Cafetero y Norte del Valle ASOEJE y la Cámara de Comercio de Manizales, con el objetivo de promover la gestión de la innovación en empresas y/o aglomeraciones productivas del Eje Cafetero, a través de la promoción de la cultura de la innovación, la generación de capacidades y el diseño e implementación de estrategias de gestión de la innovación.
- **Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA:** Es un establecimiento público del orden nacional con personería jurídica, patrimonio propio e independiente y autonomía administrativa.



Adscrito al Ministerio del Trabajo de Colombia, ofrece formación gratuita en programas técnicos, tecnológicos y complementarios, enfocados al desarrollo económico, tecnológico y social del país. La Institución está facultada por el Estado para la inversión en infraestructura necesaria para mejorar el desarrollo social y técnico de los trabajadores en las diferentes regiones, a través de formación profesional integral que logra incorporarse con las metas del Gobierno Nacional, mediante el cubrimiento de las necesidades específicas de recurso humano en las empresas, a través de la vinculación al mercado laboral.

Igualmente está facultada para participar en actividades de investigación y desarrollo tecnológico, ocupacional y social, que contribuyan a la actualización y mejoramiento de la formación profesional integral.

- **Comités Universidad Empresa Estado – CUEE:** Son instancias regionales organizadas por acuerdos entre universidades, sus grupos de investigación, empresas del sector productivo y entidades del Estado, con el fin de generar y promover proyectos de investigación aplicada, enfocados a atender necesidades tecnológicas reales de las empresas de la región.
- **Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM:** Gremio de la Ingeniería colombiana, que trabaja en función de la actualización y capacitación técnica de los profesionales en cada una de sus ramas como medio para contribuir a la competitividad de los mismos al interior de sus empresas.
- **Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos – ACIPET:** ACIPET es una organización que agrupa a los ingenieros de petróleo en Colombia y profesionales de otras áreas que trabajan en la industria. Velan por el bienestar y desarrollo integral, a través de un completo plan de beneficios creado especialmente para los asociados y sus familias
- **Asociación Colombiana de Facultades de Ingenierías – ACOFI:** Es una asociación que cumple con la misión de: Propender por el impulso y el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, investigación y extensión en ingeniería que desarrollan las facultades, escuelas y programas de ingeniería en Colombia.
- **Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT:** Es una asociación civil de participación mixta y de carácter privado, sin ánimo de lucro, con patrimonio propio organizada bajo las leyes colombianas dentro del marco de la Constitución Política y las normas de Ciencia y Tecnología y regida por ellas, en especial por las regulaciones previstas para las corporaciones en el Código Civil y por sus Estatutos. El Objetivo General del OCyT es lograr el fortalecimiento de la capacidad nacional para generar y usar indicadores que servirán para orientar y evaluar las políticas nacionales, regionales e internacionales, así como la acción de diversos actores en los polos científicos y tecnológicos.
- **Incubadoras de Empresas:** Las Incubadoras de Empresas son instituciones que aceleran el proceso de creación, crecimiento y consolidación de empresas innovadoras a partir de las capacidades emprendedoras de los ciudadanos. Estas instituciones pueden compararse con laboratorios de empresarismo de la época, cuyos insumos son ideas y equipos de conocimiento y los productos son empresas rentables. Su principal labor consiste en transferir a los emprendedores una forma de pensar: el pensamiento empresarial.



- **Agremiaciones:** Las agremiaciones son entidades sin ánimo de lucro, creadas por un conjunto de personas o entidades que buscan obtener unos beneficios que no necesariamente tienen que ser monetarios. En Colombia existen varias agremiaciones como la ANDI, ASOCODIS, ACOLGEN, ANDESCO, CAMACOL, ANIF, FEDIPETROLEO, ACOPI, entre otras.

Dependiendo la acción, cada uno de estos actores tienen un rol dentro de la implementación del mapa de ruta, el cual será descrito en las siguientes matrices.

Tabla 37 RACI para sistemas de Información

Fuente: Elaboración propia

Acción	R	A	C	I
Fortalecimiento institucional del sector para la toma de decisiones	MME (Líder) UPME ANM	MME	ANH ANM CREG IPSE SGC UPME	Empresas del sector
Gestión de la información para la prestación eficiente de servicios	UPME (Líder) ANH ANM CREG IPSE SGC MME	CIO (UPME)	Empresas del sector MinTic OCyT	Empresas del sector Agremiaciones IES CDT OCyT
Fortalecimiento de control para la transparencia	ANH ANM	MME	MinTic MinAmbiente	Empresas del sector Agremiaciones Sociedad

Tabla 38 RACI para conocimiento e innovación

Fuente: Elaboración propia

Acción	R	A	C	I
Política de financiación de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en temas energéticos	Min Hacienda MEN Min Minas COLCIENCIAS DIAN	Presidencia	DNP	Sector minero energético Bancoldex INNpuls Colfuturo ICETEX
Articulación Universidad, Empresa y Estado	Comité técnico del CUEE	CUEE	IES Empresas Estado Colciencias	Empresas del sector Agremiaciones CDTs CIEN



				CIER
Desarrollo de una cultura de gestión de activos intangibles en las empresas del sector	Delegatura de propiedad industrial COLCIENCIAS	SIC	Ruta N EjeInnova	Agremiaciones Empresas del sector IES CDTs
Fortalecer los Centros de Desarrollo tecnológico	CDTS	COLCIENCIAS	Empresas del sector Universidades	Sector minero energético
Generar acciones de valor compartido en el sector	Empresas del Sector	MME	Agremiaciones	MinHacienda Incubadora de empresas Sociedad

Tabla 39 RACI para capital humano

Fuente: Elaboración propia

Acción	R	A	C	I
Evaluar la capacidad existente de talento humano para el sector, así como la demanda de este para el 2050	UPME	MEN	IES Empresas del Sector Agremiaciones ACIEM ACIPEC SENA	IES Empresas del Sector Agremiaciones ACIEM ACIPEC SENA
Fortalecer las instituciones de educación superior	IES Acofi	MEN	IES Empresas del Sector Agremiaciones ACIEM ACIPEC SENA	IES Empresas del Sector Agremiaciones ACIEM ACIPEC SENA
Promoción del sector y diseñar una política educativa de incentivos	MEN Agremiaciones ACIEM ACIPEC	Presidencia	UPME Colciencias Colfuturo ICETEX	Sociedad
Formación de capital intelectual de impacto en la	IES Acofi	MEN	Empresas del Sector Agremiaciones	Colciencias Agremiaciones ACIEM





BIBLIOGRAFÍA

- Céspedes R., Parra E., A Aldana. Mapa de Ruta de Redes Inteligentes. Colombia Inteligente. Seminario Universidad Nacional. 2012.
- FEDESARROLLO, 2011. Una Política de Seguridad en el Suministro para el Gas Natural, impactos de la inflexibilidad de la oferta de gas sobre la generación térmica. 23 d Noviembre de 2011.
- CIDET, Sistematización de la experiencia prospectiva del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico - CIDET en el sector eléctrico colombiano. Proyecto CAF- PPTI Colombia. 2004
- CIDET, Prospectiva Tecnológica del Sector Eléctrico Colombiano a 2012.
- COMISIÓN EUROPEA. Guía práctica de prospectiva regional en ESPAÑA. Bélgica. s.n. versión electrónica. 2002. 125 p.
- COTEC, Fundación para la innovación tecnológica. Tendencias tecnológicas en Europa. Análisis de los procesos de prospectiva. Madrid. s.n. versión electrónica. 2003. 117 p.
- DOE, U.S. Department of Energy. E – Vision 2000: Key issues that will shape our energy future. Estados Unidos. s.n. versión electrónica. 2001. 77p.
- DOE, U.S. Department of Energy – Federal Energy Technology Center Office of Fossil Energy. Vision 21 Program Plan. s.n. versión electrónica. Estados Unidos. 36 p.
- Eli Goldratt, 1980. La Meta, Eli Goldratt para Operaciones - ISBN 968-6635-34-3, Ediciones Castillo
- FOREN, Foresight for Regional Development. A practical Guide for Regional Foresight. España. s.n. versión electrónica. 2001. 132 p.
- FRAUNHOFER, Institute for Systems and Innovation Research. Delphi as a technology foresight methodology: experiences from Germany. Alemania. s.n. versión electrónica. 15 p.
- FRAUNHOFER, Institute for Systems and Innovation Research. Delphi'98 How will we shape our future. Alemania. s.n. versión electrónica. 34 p.
- García Fabio, Luna Néstor y Maldonado Pilar. Modelos de planificación energética en América Latina y el Caribe. Mundo Electrónico. Vol. 25. Número 82. 2011.
- GODET, Michel (1993) “De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia”. Marcombo. Barcelona.
- GODET, Michel. La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. París: s.n. versión electrónica. 2000. 106 p.
- IEA, 2014. International Energy Agency. “Energy Technology Roadmaps a Guide to Development and Implementation”. url: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-a-guide-to-development-and-implementation.html>. Fecha de última visita: 06/08/2015.
- MOJICA, Francisco José. Proceso prospectivo. Universidad Externado de Colombia. Bogotá. s.n. versión electrónica. 9 p.



- ONUDI, Manual de metodologías. Programa de Prospectiva Tecnológica para Latinoamérica y el Caribe. Técnicas de escenarios, el pronóstico y la prospectiva en la formulación de políticas públicas. s.n. versión electrónica. 2000. 6 Tomos.
- ONUDI, Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica Industrial – Perú. Resultados grupo de trabajo en energía. Perú. s.n. versión electrónica. 2001. 21 p.
- ONUDI, Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica Industrial – Perú. Taller de metodologías y softwares aplicados en prospectiva tecnológica. Perú. s.n. versión electrónica. 2001. 18 p.
- OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Informe de prospectiva tecnológica industrial. España. s.n. versión electrónica. 34 p.
- OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial. Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo. España. s.n. versión electrónica. 44 p.
- PMI, 2015. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos PMBOK 5 ed. Url: <http://www.pmi.org/> fecha de última visita 6/08/2015.
- Rivera Maria Nohemy y Uribe John Jairo. Mercados de Energía Eléctrica bajo la óptica de Teoría de Juegos. Congreso internacional en alta tensión y aislamiento eléctrico (ALTAE). Medellín. 2009.
- UPME, Unidad de Planeación Minero Energética. Futuros energéticos para Colombia. Bogotá. s.n. versión electrónica. 1999. 165 p.
- UPME, 2015. Unidad de Planeación Minero Energética. PEN 2050.
- UPME, 2015 a. Unidad de Planeación Minero Energética. Balance de Gas Natural en Colombia 2015-2024. Agosto de 2015.
- UPME, 2015 b. Unidad de Planeación Minero Energética. Plan Indicativo Gas Natural. Abril 2015.

¹ Franco Carlos, Dyner Isaac, Hoyos Santiago. Evaluation of the Energization Impact in the Colombian Southwest. A Case of Application Using Simulation. The 24rd International Conference of the System Dynamics Society. July 23 - 27, 2006 – Nijmegen. Holanda. URL: <http://www.systemdynamics.org/conf2006/index.htm>.

Departament For Internacional Development. DFID. (2005) “Guías Sobre Medios de Vida Sostenibles MVS”. http://www.livelihoods.org/info/info_guidanceSheets.html Consultado en julio de 2005.

Hoyos Santiago, 2007. Simulación para la evaluación de políticas en la electrificación de una zona no interconectada en el suroccidente colombiano utilizando dinámica de sistemas y medios de vida sostenibles. Tesis de Maestría en Ingeniería – Sistemas. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

