

## Prospectiva del desarrollo energético sostenible en el departamento del Huila al año 2035

Prospective of sustainable energy development in the department of Huila to the year 2035

Recibido: Enero 28 de 2022 - Evaluado: Mayo 08 de 2023 - Aceptado: Junio 14 de 2023

Mayra Alejandra Perdomo García<sup>1</sup>  
Claudia Liliana Quintero Ibagón<sup>2</sup>

### Para citar este artículo

Perdomo García, M. A., & Quintero Ibagón, C. L. (2022). Prospectiva del desarrollo energético sostenible en el departamento del Huila al año 2035. *Revista Creceer Empresarial*, 4(1), 38-55.

### Resumen

El propósito del presente artículo se centra en realizar un estudio prospectivo del desarrollo energético sostenible en el departamento del Huila al año 2035, como respuesta a los grandes retos que enfrenta el sector eléctrico ante los cambios disruptivos en referencia a variaciones climáticas, acciones políticas y avances tecnológicos. El estudio se realiza con la implementación de métodos en referencia a consulta de expertos denominados *Mic-Mac*, y el *ábaco de Regnier* donde el almacenamiento de energía para fuentes alternativas, mejoramiento de infraestructura al igual que *Big Data* y sistema de gestión de la medida son de gran relevancia. El método *MACTOR* (Método, Actores, Objetivos, Resultados de Fuerza) donde los actores más notables son los generadores de energía, Ministerio de Minas, proveedores entre otros, permite determinar los actores estratégicos y sus posiciones frente al futuro del sector energético del departamento del Huila con gran énfasis en el desarrollo del sector energético. El sistema de matrices de impactos cruzados *SMIC PROB* se implementa para determinar y analizar las probabilidades de los escenarios planteados en el estudio prospectivo donde prima la sostenibilidad energética y ejecución masiva de instalaciones de sistemas fotovoltaicos. Posteriormente se diseñan las estrategias, a través del análisis de la *Matriz IGO* con el fin de lograr los escenarios propuestos.

**Palabras clave:** Sector energético, competitividad, energía renovable, prospectiva.

### Abstract

The purpose of this article focuses on carrying out a prospective study of sustainable energy development in the department of Huila by the year 2035, in response to the great challenges facing

---

<sup>1</sup> Ingeniera Electricista por la Universidad Tecnológica de Pereira, Magister en Administración de Empresas por la Universidad Surcolombiana. Profesora del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Correo electrónico: Mayperdomo1@gmail.com ORCID: 0009-0009-4067-7554

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial por la Universidad Católica de Pereira, Magister en Administración de Empresas por la Universidad Surcolombiana. Administradora Empresa Inversiones Garcés Quintero S.A.S. Correo electrónico: claudia.quinteroibagon@gmail.com ORCID: 009-0004-0236-6417

the electricity sector in the face of disruptive changes in reference to climate variations, political actions and advances. technological. The study is carried out with the implementation of methods in reference to expert consultation called Mic-Mac, and the Regnier abacus where energy storage for alternative sources, infrastructure improvement as well as Big Data and measurement management system are of great relevance. The MACTOR method (Method, Actors, Objectives, Force Results) where the most notable actors are the power generators, the ministry of mines, suppliers among others, allows determining the strategic actors and their positions regarding the future of the energy sector of the department of Huila with great emphasis on the development of the energy sector. The SMIC PROB system of crossed impact matrices is implemented to determine and analyze the probabilities of the scenarios proposed in the prospective study where energy sustainability and massive execution of photovoltaic system installations prevail. Subsequently, the strategies are designed, through the analysis of the IGO Matrix to achieve the proposed scenarios.

**Keywords:** Energy sector, competitiveness, renewable energy, prospective.

## 1. Introducción

La industria, el comercio, las distintas actividades económicas y cotidianas de las personas dependen en gran parte del consumo de energía eléctrica que aporta al crecimiento de las poblaciones en materia de tecnología y desarrollo. Por esto, a partir del siglo XVII, los investigadores y grandes compañías apostaron sus estudios por lo que sería el gran eje del mundo que inicia como aporte para que la oscuridad tenga luz y para que el temor tenga esperanza, desarrollándose en la base de la vida del ser humano actual que no concibe un trasegar de sus actividades sin fluido eléctrico el cual influye directamente en todos los aspectos de su existencia.

El fluido eléctrico en el mundo es uno de los grandes interrogantes de la sociedad dado que su avance y nuevas tecnologías comprometen en algunas ocasiones la conservación del medio ambiente y sus recursos. La sociedad no está dispuesta a renunciar a su avance social y económico por lo cual se promueve la sostenibilidad mediante la promoción de energías limpias y asequibles para la población, nuevas tecnologías, ofertas y alianzas al contexto competitivo local y regional permitiendo ajustar inversiones y, es por esto que, dado los cambios disruptivos en los últimos años en referencia a variaciones climáticas, acciones políticas y avances tecnológicos, se está redefiniendo el camino del sector eléctrico.

Por lo anterior, el presente documento muestra el estudio prospectivo para el sector eléctrico en el departamento del Huila, diseñando el escenario prospectivo al que apuesta el sector energético del departamento del Huila para el año 2035, con el fin de identificar y analizar tendencias del mercado energético departamental, para brindar herramientas en el contexto gremial y de interés público de tal forma que permita identificar posibles escenarios futuros, analizando su entorno y aplicando herramientas que permitan una acertada toma de decisiones y definición de políticas de gestión encaminadas a la sostenibilidad y desarrollo energético de la región.

La metodología utilizada para la presente investigación se basó en diferentes métodos prospectivos como el *Ábaco de Régnier*, *Mic-Mac*, *Mactor*, *Smic Prob* y *Matriz IGO*, analizando diferentes

variables a las cuales se les aplicaron las evaluaciones correspondientes con la ayuda de expertos, para determinar cuatro (4) escenarios, priorizados según su probabilidad de ocurrencia.

## 2. Estado del arte

El análisis prospectivo fundamentado en estudios verídicos se realiza con el fin de dilucidar las dimensiones y los contextos en los cuales se ve inmerso el sector eléctrico mediante fuentes conceptuales que permiten analizar y enfrentar los retos y cambios que exige el entorno energético.

A nivel regional, Rubiano y Camelo (2017) mediante investigación realizada en prospectiva estratégica para la identificación de oportunidades de innovación del operador de red del departamento del Huila en la Universidad Externado de Colombia, realizaron un estudio detallado de las posibles alternativas de escenarios del departamento como factores claves para su desarrollo.

Inician con un análisis estructural donde se obtuvieron factores de cambio y variables estratégicas. De igual manera se implementó el *Ábaco de Régnier*, el método *Mic-Mac*, matriz de influencia directa y matriz de influencia indirecta para finalmente plantear un escenario probable y deseable de diversificación de los ingresos del operador de red (Electrificadora del Huila), mediante nuevos negocios.

Según el estudio del sector dentro de varios factores plasmados, la base para la investigación desarrollada se enfoca la generación con fuentes no convencionales de energía renovable e identificación de factores asociados como la expansión y mejoramiento de la infraestructura eléctrica, fortalecimiento del sistema eléctrico, calidad y confiabilidad del servicio, tecnologías de la información y las comunicaciones e innovación empresarial para diversificar las fuentes de ingreso y de esta manera aportar al desarrollo competitivo del departamento.

A nivel nacional, el estudio de transición energética para Colombia 2050 realizado por la Universidad del Valle (2018), hizo una consulta de información basada en cinco talleres regionales en ciudades como Cali, Bogotá, Medellín, Bucaramanga y Barranquilla y la aplicación de cuestionario *Delphi electrónico* para lo cual diseñaron un instrumento de captura de la información que fue aplicado a los actores y expertos del sector con el propósito de conocer las opiniones y apreciaciones sobre el futuro del sector energético del país con la transición energética.

Este estudio se enfocó en determinar aquellos escenarios futuros de la transición energética del país, cuyos postulados se alcanzaron a través de acciones concretas y decisiones estratégicas, soportadas y ejecutadas por los agentes del sector. Para desarrollar la *Prospectiva de la Transición Energética 2050*, se definió la construcción de escenarios a partir de los métodos *Ejes de Schwartz* y análisis morfológico, donde la cruz de escenarios o los ejes de *Peter Schwartz* reducen las alternativas de escenarios solamente a cuatro.

Algunas veces se utiliza directamente, en otras ocasiones se emplea para obtener una visión panorámica de las visiones de futuro logradas mediante los dos métodos anteriores. Este método fue elegido porque permite construir escenarios objetivos, identificando un foco, las fuerzas clave

y tendencias del entorno. De esta manera se logra elaborar escenarios útiles para definir esquemas de decisión posibles y de contingencia.

La Secretaría de Energía de México (2016), realizó un estudio prospectivo de las energías renovables en México para el periodo 2016 – 2030, puesto que el nuevo sistema eléctrico nacional demanda una considerable cantidad de recursos naturales no renovables que generan importantes cantidades de gases contaminantes. Por ende, quieren disminuir en gran medida la utilización de combustibles fósiles a partir de la implementación de fuentes de energía renovable, para lo cual en primera instancia analizan las energías renovables en la matriz energética, la evolución de las mismas y la demanda del país; en segunda instancia, comparan las demandas con los combustibles utilizados para dichas generaciones de energía como son el gas natural, hidroeléctrico, combustóleo, carbón, eólico, aceite ligero, nuclear, geotérmica, cogeneración y solar.

Por otra parte, en un estudio realizado en prospectiva estratégica del sector energético por el Ministerio de Energía y Minas del Perú (2016) se enmarcan cuatro componentes que representan las dimensiones del sector energético: sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental, sostenibilidad social y gobernanza sectorial. Cabe resaltar que estos son los pilares para el desarrollo sostenible del sector energético en el Perú, por ende, realizan análisis de tendencias y eventos futuros del sector, identificación de variables estratégicas y diagnósticos del sector energético mediante la construcción de escenarios representativos.

Louis et al. (2020), realizaron estudio del sector energético en el continente europeo mediante un análisis multiobjetivo en el que los investigadores plantearon el desarrollo prospectivo del sistema eléctrico europeo para el año 2050 con el fin de reducir costos mediante la producción de tecnología y disminuir el calentamiento global, con el estudio base de dos modelos como el modelo de simulación energética a largo plazo *POLES* y la herramienta de optimización del sistema de energía *EUTGRID* los cuales determinan los costos del sistema en referencia a las tecnologías de despacho utilizadas.

### **3. Perspectiva teórica**

El marco teórico del artículo expuesto está constituido por los estudios, conceptualizaciones, métodos y herramientas analíticas, de la escuela de prospectiva voluntarista francesa desarrollada por Godet (2005). Parte de la incertidumbre o factores de cambio donde el futuro depende del presente, complementada por autores como Mojica (2005), (Godet, 1993); asimismo, la ley 1715 de 2014 que promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico y sostenible de las regiones.

#### **3.1 Prospektiva**

Según Mojica (2005) la prospectiva es una disciplina que nació para probar que no es necesario padecer el futuro, sino que es posible construirlo. Por ende, si se analiza el futuro desde el presente se pueden generar factores de cambio en los cuales se implementarían los más convenientes para el sector con las ventajas que ofrece el estar preparado ante las exigencias de los entornos. Claro está que estas estrategias deben ser analizadas y serían una de miles soluciones a los problemas

presentados, por lo cual, mediante un análisis del desarrollo prospectivo del sector energético se busca investigar y proponer diferentes escenarios con los cuales se aporte al desarrollo sostenible de la región, en referencia a tres primeros componentes: sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad social.

El futuro es un estado posterior al presente que no se encuentra determinado ni escrito en ninguna parte (Godet, 1993); por tal motivo, la prospectiva tiene como objeto la comprensión de multiplicidad de futuros, en su tarea de definir el mejor que se desea, por ende la prospectiva no considera que el futuro sea solo una especie de prolongación del pasado, debido a la existencia de diversos actores que, al interaccionar, determinan un abanico de posibilidades en su afán de concretar sus proyectos e intereses (Godet, 1993).

Se trata de una reflexión para iluminar y aclarar las acciones desarrolladas en el presente inmediato a la luz de los posibles futuros que se pueden construir; no consiste solamente en partir del presente para construir el futuro, sino determinar e identificar el futuro deseado para comprometer la acción presente de acuerdo con ese futuro (Godet, 1993).

Para Godet (1993), la apropiación intelectual y afectiva constituye el único camino para que la previsión se convierta en acción eficaz. La eficiencia de toda organización nace de la alianza equilibrada entre *logos* (el pensamiento, la racionalidad, el discurso), *epithumia* (el deseo) y *erga* (las acciones, las materializaciones). La unión entre la pasión y la razón, entre el corazón y el espíritu, es la clave del éxito de la acción y de la plenitud de las personas.

Mojica (2010) como actor teórico reconocido de la prospectiva sostiene que “es una disciplina que permite analizar el futuro para poder obrar con mayor seguridad en el presente y, empleando una metáfora, se podría decir que esta disciplina ayuda a iluminar el presente con la luz del futuro y, adicionalmente, sostiene que el papel de la prospectiva es ayudar eficazmente a conseguir ese futuro de modo que se elija inteligentemente la opción más conveniente”, es decir que, mediante este método analítico se podrá reconfigurar la apuesta en el futuro y clarificar los objetivos bases para el desarrollo del sector energético como aporte a la sostenibilidad.

### 3.2 La prospectiva y el pensamiento estratégico

Para Godet (1993) el método de prospectiva estratégica se articula alrededor de tres procesos: la reflexión colectiva, la preparación de la decisión y la acción. El proceso de reflexión colectiva comprende nueve etapas que son:

Las etapas principales permiten identificar las variables clave (etapas 1 y 3), analizar los juegos de actores a fin de hacer las preguntas clave para el futuro (etapa 4), reducir la incertidumbre en torno a esas preguntas y despejar los escenarios más probables del entorno gracias a métodos de especialistas (etapa 5). Las opciones estratégicas compatibles a la vez con la identidad de la empresa y con los escenarios más probables de su entorno (etapa 6), la evaluación de las opciones estratégicas (etapa 7), decisiones estratégicas (etapa 8). Finalmente, la novena etapa se dedica completamente a la implementación del plan de acción; incluye contratos de objetivos (negociados o provocados), la instalación de un sistema de coordinación y seguimiento y la vigilancia estratégica.

### 3.3 Análisis de tendencias

El análisis de tendencias con fines prospectivos se refiere a dar un paso atrás para luego saltar hacia adelante, esto es extrapolación de variables involucrando en primera instancia, componentes retrospectivos para luego proyectar y poder identificar los mecanismos y actores determinantes en la evolución durante el periodo que se está analizando. Se pueden presentar dos tipos de tendencias:

- ❖ Tendencias pesadas: Se denomina tendencia pesada debido a las enormes consecuencias que puede tener si se modifican las causas o comportamiento generador. Es de larga o mediana duración (Cazes, 1997).
- ❖ Tendencias emergentes: Presenta una corriente de cambio en proceso de formación o consolidación lo cual hace que sea susceptible de ser transformada.

### 3.4 Variables

El ejercicio prospectivo se aborda por el conocimiento que se tenga de las variables del tema que se está estudiando. Se realizan por medio de exploraciones de los fenómenos que definen el tema. Es fundamental tener en cuenta cuáles son los aspectos claves del tema que se está estudiando.

### 3.5 Actores

Denominados también expertos, son parte clave dentro del diseño de un escenario futuro puesto que son personas que saben del estado y evolución del tema o interactúan de forma directa o indirecta con el sector a estudiar, es decir, son conocedores de su denominación y con sus aportes ayudan al direccionamiento de posibles cambios o mejoras que se analicen en el presente dado que este es el punto de partida para el futuro.

### 3.6 Escenarios

Un escenario es la descripción de una situación futura, juntamente con la progresión de eventos que conducen desde una situación base a la situación futura (Godet, 1980). Generalmente, un escenario debería ser la redacción en tiempo presente de un futuro hipotético, coherente y posible, que resulta de una cierta evolución de la situación actual. El propósito de construir escenarios de futuro es el de facilitar el análisis de los riesgos y oportunidades que ofrecería su ocurrencia. Mojica (2008) define las siguientes alternativas de escenarios:

La construcción de escenarios involucra un método complejo el cual se apoya en diferentes herramientas. Se pueden distinguir cinco etapas en el método: formulación del problema, inicio del análisis, cierre del análisis o momento síntesis, identificación de las alternativas más representativas y deducción de las consecuencias de cada alternativa.

### 3.7 Estrategias

La estrategia permite analizar y determinar cómo actuar de la forma más conveniente ante dichos futuros. Consiste en lo que se puede hacer y dice cómo construir el futuro más conveniente. La estrategia obliga, desde el convencimiento de que las capacidades son limitadas, a seleccionar y priorizar de forma más realista. Una estrategia se define como la sumatoria de un objetivo y unas acciones. Los objetivos provienen necesariamente de las hipótesis del escenario elegido como deseable (Mojica, 2010).

### 3.8 Sostenibilidad

Según el Consejo Mundial de Energía (2020), la sostenibilidad o sustentabilidad energética es catalogada como el equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética o del suministro, la equidad social o acceso al servicio y la mitigación del impacto ambiental o sostenibilidad ambiental, por ende, la transición energética se da a partir de estudios de escenarios en referencia a los acontecimientos más relevantes como las cooperaciones internacionales, crecimiento económico y social de las poblaciones.

Se debe tener presente que a partir de estos análisis surge el comúnmente denominado trilema energético, el cual, mediante sus tres pilares de *igualdad energética, sostenibilidad ambiental y seguridad del suministro*, se plantea la redefinición del mundo de la energía.

Según estudios realizados por el *Instituto Paul Scherrer* de Suiza (2020), el mundo marca pautas de análisis de escenarios en el sector energético cada 5 años donde sin duda alguna el trilema energético se enlaza con la transición energética de cada país y cultura en el ámbito social, económico y apoyo político, por ende, se establece la asociación del gran auge mundial como las tendencias globales dentro de la cual se encuentran las energías alternativas, solo aquellas que sean eficientes y bajas en huellas de carbón para evitar el calentamiento global. Discriminando las relaciones se tiene:

Según el índice energético 2019-2020, trilema de sostenibilidad, desde el año 2020 ningún país ha logrado mejorar consistentemente en las 3 dimensiones por aspectos políticos de gran relevancia, sin embargo tres países han logrado el mejor desempeño como Suiza, Suecia y Dinamarca, de igual manera se resalta que de América Latina según las mejoras por dimensión, países como República Dominicana, Uruguay, Brasil y Nicaragua inician su aporte en un 25% de generación distribuida y acceso al servicio.

En Colombia según el *Programa de Formación de Líderes Energéticos*, los sistemas descentralizados y el diseño de mercado todavía representan incertidumbres críticas en cuanto al desarrollo sostenible; sin embargo, el transporte innovador y las energías renovables son prioridades de acción que van de la mano con la sostenibilidad ambiental y el acceso del servicio, desencadenando en segundo plano temas de seguridad energética.

Según investigaciones realizadas sobre la prospectiva estratégica del sector energético del Ministerio de Minas y Energía del Perú (2016), a partir de los estudios realizados en el sector se busca una adecuada propuesta de prospectiva energética como apuesta a la sostenibilidad donde se tenga un enfoque claro desde los entes gubernamentales y profesionales competentes en el área de la electrotecnia sobre la necesidad de aportar y consolidar escenarios- apuesta para el desarrollo

sostenible de la región en referencia a tres componentes - *Sostenibilidad Económica, Sostenibilidad Ambiental y Sostenibilidad Social*.

#### **4. Metodología**

##### **4.1 Diseño y tipo de investigación**

El proceso metodológico para construir el plan prospectivo estratégico para el desarrollo energético sostenible en el departamento del Huila al año 2035, se realizó mediante el modelo avanzado (Mojica, 2010) que comprende ocho eslabones de análisis abordados en tres etapas.

En la primera etapa, que se considera de diagnóstico, se recolectó la información correspondiente a los análisis de informes respecto al desarrollo energético del departamento, documentos sobre avances, proyecciones, cumplimiento de metas en cuanto al tema de estudio.

En la segunda etapa, que comprende el trabajo de campo, literalmente se interactuó con los grupos de interés tanto internos como externos para la construcción del futuro deseable. Se agotaron situaciones como los factores de cambio y las variables estratégicas; igualmente, se identificaron los actores relevantes y se construyó escenarios futuros posibles, de los cuales se eligió *el futuro “apuesta”*.

Finalmente, en la tercera etapa, en la que se desarrolló la configuración de las estrategias corporativas que permitieron concretar el futuro deseado, se consignaron los planes de acción, programas, metas y recursos a utilizar.

##### **4.2 Fuentes de información**

La información sobre la situación interna y externa se registró a partir del estudio de las fuentes de tipo primario y secundario. El acceso a las fuentes secundarias permitió el desarrollo de la etapa 1. Se realizó un análisis de información obtenida de la investigación, del que se generó el estado del arte. Asimismo, se identificaron las mejores prácticas en cuanto al sector energético sostenible en el departamento del Huila.

#### **5. Resultados y discusión**

##### **5.1 Factores de cambio**

Para el estudio se realizó en primera instancia síntesis de factores de cambio de inercia con el fin de realizar la identificación de los elementos más importantes que definen el sector eléctrico para el departamento del Huila, se tuvo en cuenta el diagnóstico realizado por cada uno de los aspectos, donde se extrajeron los factores más relevantes del análisis sectorial a partir de las *cinco fuerzas de Porter*.

Para realizar la identificación de los elementos más importantes que definen el sector eléctrico para el departamento del Huila, se tuvo en cuenta el diagnóstico realizado por cada uno de los

aspectos, donde se extrajeron los factores más relevantes del análisis sectorial a partir de las *cinco fuerzas de Porter*, concluyendo en las siguientes tendencias:

1. Redes inteligentes de distribución de energía (Smart grids)
2. Big Data – Analítica
3. Electrolineras o Puntos de Carga Eléctrica
4. Generación de energía solar fotovoltaica
5. Generación de energía eólica
6. Generación de energía Geotérmica
7. Generación de energía del Hidrógeno
8. Generación de energía Mareomotriz
9. Generación de energía a partir de la Biomasa
10. Generación de energía Nuclear
11. Smartflower
12. Generación de Biodiesel de agua - Microalgas
13. Almacenamiento de Energía
14. Uso racional de la energía
15. Construcciones Sostenibles
16. Energía Inalámbrica
17. Expansión del sistema de transmisión
18. Mejoramiento de infraestructura
19. Reposición de equipos en subestaciones
20. Sistema de Gestión de Medida
21. Automatización de subestaciones y redes
22. Infraestructura de medida avanzada (AMI)
23. Vehículos eléctricos
24. Equipos de medida prepago
25. Sistema regulatorio
26. Calidad del servicio
27. Reducción de pérdida de energía
28. Eficiencia energética
29. Gestión de la demanda
30. Consumo de energías limpias

## 5.2 Variables Estratégicas

Para identificar las necesidades del sector es fundamental priorizar los factores de cambio que lo afectan directamente pues no todos los identificados en la “tabla 3. Síntesis de los factores de cambio e inercia” son muy importantes. Por este motivo, se implementaron dos herramientas las cuales son *el ábaco de Regnier* y *el software Mic-Mac*, para priorizar los factores de cambio y así identificar los de mayor conveniencia para el sector de lo cual se obtuvo que mediante consulta realizada a los expertos en el área de generación, transmisión, distribución, comercialización de energía eléctrica y consumidores de uso final se determinaron las 6 variables más representativas que aportan grandes beneficios a la prospectiva del sector eléctrico para el departamento del Huila.

**Tabla 1. Distribución de frecuencia**

N°	VARIABLE	
	ÁBACO DE REGNIER	MIC MAC
1	Almacenamiento de Energía	Almacenamiento de energía
2	Generación de energía solar fotovoltaica	Mejoramiento de infraestructura
3	Mejoramiento de infraestructura	Big Data
4	Big Data – Analítica	Consumo de energías limpias
5	Electrolineras o Puntos de Carga Eléctrica	Infraestructura de medida avanza (AMI)
6	Sistema de Gestión de Medida	Generación de energía fotovoltaica

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3 Análisis de actores

El desarrollo regional en materia energética está supeditado a las decisiones que se tomen en las organizaciones de la región en las cuales se analizan los impactos inmediatos que pueden generar los diferentes actores del sector, es por esto por lo que en este capítulo se analizarán los principales actores que pueden afectar la incidencia en el desarrollo prospectivo de la región.

Nombre del actor

1. Generadores de energía
2. Ministerio de Minas y Energía
3. Proveedores de bienes y servicios
4. Clase Política Nacional
5. Clase Política Departamental y Local
6. CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena)
7. ANLA (Ministerio de Medio Ambiente)
8. Gobierno nacional.
9. Gobierno Departamental y Municipal
10. Electrificadora del Huila
11. IES- Instituciones de educación superior
12. Servicio Nacional de Aprendizaje
13. UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)
14. Comunidad
15. Inversionistas (nacionales e internacionales)
16. Grupos ambientalistas
17. Agricultores
18. Profesionales en energías renovables y sector eléctrico
19. Usuarios - Consumidores
20. Generadores -Agentes del mercado ENEL
21. Otros comercializadores
22. CREG - Comisión de Regulación de Energía y Gas

### 5.4 Variables influyentes según el análisis MACTOR

Teniendo en cuenta los veintidós (22) actores descritos, se realizaron las respectivas calificaciones con el método *MACTOR*, y en referencia al análisis realizado se establecen los objetivos estratégicos de las seis variables obtenidas con los cuales se pretende abordar los diferentes escenarios favorables que permitirán detallar las incidencias de cada una de las variables en el

propósito general como es diseñar un escenario prospectivo- apuesta del sector energético del departamento del Huila al año 2035, obteniendo el siguiente resultado:

El Histograma de relaciones de fuerza muestra el comportamiento que tienen los actores dentro del sistema. Se puede observar que los actores con más poder e influencia son gobiernos tanto nacionales como departamentales, seguidos de las clases políticas departamentales, locales y nacionales, junto con los generadores de energía, agentes del mercado, inversionistas y la Comisión de Regulación de Energía y Gas.

Los de mediano poder son, otros comercializadores, el Ministerio de Minas y Energía, los agricultores, los usuarios y consumidores, grupos ambientalistas, Unidad de Planeación, Ministerio de Medio Ambiente, y la Electrificadora del Huila. Dentro de los actores de bajo poder, están la CAM, instituciones de educación, instituciones de educación superior, comunidad, SENA, proveedores y profesionales en energía renovables.

Lo anterior demuestra que la energía eléctrica es un servicio el cual está enmarcado por las regulaciones, los esquemas jurídicos y administrativos, puesto que señalan y administran las reglas de juego con las cuales se mueven los agentes económicos que participan en el sector.

Dado que el histograma de los actores sobre los objetivos *Matriz 3 MAO* centra el estudio de las valoraciones de los objetivos por parte de los actores a través de las relaciones de poder valoradas en las matrices de influencias directas e indirectas, se evidencia que tres objetivos presentan conflicto, es decir, presentan poca favorabilidad de unos actores como es el caso del objetivo que pertenece a la variable “Almacenamiento de energía” el cual es “aprovechar el potencial energético del departamento del Huila en generación de tal forma que se utilice el remanente de energía producido por los sistemas de producción renovables utilizándolos bajo cualquier condición de demanda” y el objetivo “Masificar y mejorar la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en los sectores residenciales, comerciales e industriales convirtiéndola en un modelo de implementación en energías solares renovables”, puesto que algunos actores como Generadores de energía, Electrificadora del Huila, Generadores -Agentes del mercado ENEL y otros comercializadores no avalan por completo el que su misión - basada en dos cadenas de valor: distribución y comercialización- se vea afectada por el almacenamiento de energía.

En cuanto al objetivo “transformar los sistemas de gestión de medida en modelos vanguardistas que permitan integrar las mediciones tradicionales con los métodos modernos de telecontrol y monitoreo para aumentar la certeza de los registros de consumos y detectar fallas en tiempo real, mejorando las oportunidades y tiempos de intervención”, se evidencia poco interés por parte de los actores como generadores de energía, clase política e instituciones de educación puesto que el sistema de gestión de medida es propia de los comercializadores de energía eléctrica para generar control de pérdidas técnicas y no técnicas mejorando los tiempos de intervención en circuitos alimentadores mediante telecontrol.

## 5.5 Diseño de escenarios

Mediante el método de “análisis morfológico” en referencia a las variables expuestas como son generación de energía solar fotovoltaica, almacenamiento de Energía, mejoramiento de

infraestructura, *Big Data – Analítica, Sistema de Gestión de Medida y Electrolineras* o puntos de Carga Eléctrica, se realiza la exploración de futuros posibles mediante diferentes estados o hipótesis, las cuales serán seleccionadas para cada variable creando de esta manera un escenario ideal o deseable, dos escenarios alternativos o probables y un escenario tendencial:

- ❖ Escenario 1. Deseable “Sostenibilidad Energética”
- ❖ Escenario 2. Probable “Nuevo Horizonte Energético”
- ❖ Escenario 3. Probable “Incidencia de Crisis Post-pandemia en El Sector Energético”
- ❖ Escenario 4. Tendencial “Generando y Transmitiendo Buena Energía”

#### ***Escenario 4. Tendencial “Generando y Transmitiendo Buena Energía”***

Avanza el año 2035, el sector energético del departamento del Huila implementa proyectos con las diferentes instituciones a nivel nacional y departamental donde se promueve e incentiva el uso de energías limpias aportando beneficios a los diferentes municipios del Huila que no contaban con el servicio de energía a la vez que se aporta a la reducción de gases de efecto invernadero, y se está apoyando la diversificación de los suministros de energía y la disminución en la dependencia de los combustibles fósiles.

Por otro lado, los sistemas de almacenamiento instalados cumplen satisfactoriamente sus proyecciones para este año, logrando un intercambio de energía y maximización en la entrega de potencia. Estos sistemas han sido un factor clave para la descarbonización de los sistemas energéticos, pues es una herramienta muy versátil para proveer flexibilidad a los sistemas y con la ayuda de la generación solar fotovoltaica y eólica, se ha logrado mantener un balance continuo entre la generación y la demanda, donde los sistemas de almacenamiento actúan como una carga o una fuente alterna de electricidad.

Otro aspecto importante son las mejoras que se realizaron a las redes de medida en los diferentes municipios, donde los consumidores son también productores. Al dar solución a los diferentes retos en almacenamiento, gestión, logística y Ciberseguridad, se dio una interconexión en tiempo real, donde se aporta y recibe información, logrando así tener un sistema óptimo reduciendo costos en la producción y mantenimiento.

La red está compuesta por centrales de generación, generadores, gestión de la demanda, procesadores, almacenamiento, parque eólico, dispositivos inteligentes y oficinas. La digitalización se implementó en todos los niveles de la red, para así aprovechar toda la carga de producción. La integración con la tecnología fue un factor determinante para un rendimiento óptimo, como también para el seguimiento, reparaciones y mantenimientos oportunos y adecuados. Esto también se logró gracias a la ayuda de los expertos en la ciencia de datos y energías renovables recibiendo atención e inversión.

Las redes eléctricas tradicionales, presentaron una evolución gradual, debido a la vinculación de las nuevas tecnologías, logrando aportar valor agregado al mercado solucionando las necesidades que presentaba el sistema anterior. Se logró establecer políticas públicas que incentivaron la autogeneración a pequeña escala, como también la gestión de la demanda y la medición inteligente.

Gracias al apoyo por parte del gobierno nacional y departamental, se logró tener la infraestructura necesaria para la implementación de *Electrolíneas* en los diferentes municipios, aportando al desarrollo del departamento, la movilidad y medio ambiente al cambiar las fuentes de energía fósiles, disminuyendo considerablemente la contaminación.

### 5.6 Probabilidad de escenarios

Mediante el *Sistema de Matrices de Impactos Cruzados* se pretende determinar y analizar las probabilidades de los escenarios planteados en el estudio prospectivo del sector energético al año 2035. Este sistema se desarrolló con la valoración de tres (3) grupos de expertos donde la variable con mayor probabilidad de ocurrencia es el almacenamiento de energía con un 51.8 % de probabilidad. Según los expertos esto se da puesto que es un pilar que permite que la producción de energía sea más flexible impulsando también un futuro energético descarbonizado. Por otra parte, la segunda variable con mayor probabilidad es la generación de energía solar fotovoltaica con un 50.2 % de probabilidad de ocurrencia y según los expertos, para esta variable se tiene en cuenta que el departamento busca alcanzar los objetivos climáticos y es con este tipo de generación de energía que se puede lograr una transformación.

El Histograma de probabilidad de escenarios permitió identificar la posición de los escenarios según la probabilidad de ocurrencia donde se pudo observar lo siguiente: En el escenario 64 - 000000 que se ubica en el primer lugar, existe una probabilidad del 24.3% de mayor grado de que no se cumpla ningunas de las hipótesis que para este caso sería el escenario 4 (Esc. 4), Tendencial. El escenario 1 (Esc. 1), Deseado, se encuentra en el tercer lugar con la probabilidad relativa del 6.8% que ocurran las hipótesis anteriormente establecidas, llevando al cumplimiento de los objetivos. Los escenarios 2 y 3 que son los escenarios probables, se encuentran en la posición 59 y 28 respectivamente y estos no tienen probabilidad de ocurrencia según los datos obtenidos por el grupo de expertos.

### 5.7 Estrategias

Se plantean las estrategias o acciones que se deben tener en cuenta para lograr este escenario seleccionado (Mojica, 2009), basado en cada variable estratégica, las cuales se desarrollan de la siguiente manera:

Variable No.1 *Generación de energía solar fotovoltaica*: El objetivo planteado en referencia a variable generación de energía solar fotovoltaica cuenta con dos estrategias de gobernabilidad fuerte como son: Caracterizar los equipos e instrumentos a conectar en el sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta las necesidades eléctricas y requerimientos del cliente y construir sistema solar fotovoltaico de acuerdo con los parámetros establecidos en el plano y memorias de cálculo cumpliendo con la normatividad eléctrica (RETIE, NTC y NEC), puesto que son controlados por profesionales competentes en el área de la electrotecnia, sin embargo su nivel de importancia es menor dado que hace parte de la construcción de sistemas fotovoltaicos. En cuanto a la mayoría de las estrategias se establecen que están en gobernabilidad moderada dado que el experto en el área tiene control de cierta manera sobre estas.

Variable No. 2 *Almacenamiento de Energía*: Anexo a lo anterior se evidencia que el objetivo “aprovechar el potencial energético del departamento del Huila en generación de tal forma que se utilice el remanente de energía producido por los sistemas de producción renovables utilizándolos bajo cualquier condición de demanda de la variable Almacenamiento de Energía” presenta una estrategia de gobernabilidad fuerte dado que identificar en el mercado las baterías con mayor eficiencia para el almacenamiento de energías con el fin de utilizar las más apropiadas según la necesidad, puede ser controlada por personal capacitado y educado en almacenamiento. Además, la identificación y análisis hacen parte del mayor grado de importancia, caso contrario del trámite de licencias medioambientales que tienen una gobernabilidad nula puesto que dependen de la autoridad nacional y regional.

Variable No. 3 *Mejoramiento de infraestructura*: En cuanto al objetivo “incrementar la confiabilidad del sistema eléctrico aumentando los tiempos de servicio sin interrupciones, calidad del servicio y disminución de las pérdidas técnicas basadas en la implementación de las *Smart Green* contribuyendo al crecimiento continuo de la región” perteneciente a la variable Mejoramiento de infraestructura, se evidencia que las estrategias presentan gobernabilidad débil y nulas puesto que son propias del operador de red y comercializadores del departamento.

Variable No. 4 *Big Data – Analítica*: En el objetivo “controlar la información generada en los procesos del desarrollo energético de la región permitiendo realizar proyecciones asertivas para una oportuna toma de decisiones que potencialice los objetivos de desarrollo y sostenibilidad energética” perteneciente a la variable *Big Data – Analítica*, se observa que solo una estrategia presenta gobernabilidad Moderada puesto que es propia del experto que hace parte del sector y puede influir en conformar los equipos de trabajo multidisciplinario, caso contrario de las estrategias que hacen referencia a implementar y adoptar plataformas para análisis de información puesto que son propias de los operadores de red y centros de control del departamento.

Variable No. 5 *Sistema de Gestión de Medida*: El objetivo “transformar los sistemas de gestión de medida en modelos vanguardistas que permitan integrar las mediciones tradicionales con los métodos modernos de telecontrol y monitoreo para aumentar la certeza de los registros de consumos y detectar fallas en tiempo real, mejorando las oportunidades y tiempos de intervención” perteneciente a la variable Sistema de Gestión de Medida, presenta en su gran mayoría estrategias que tienen un nivel de gobernabilidad Nulo dado que son propias y controladas por el operador de red del departamento.

Variable No. 6 *Electrolineras o Puntos de Carga Eléctrica*: En cuanto al objetivo “implementar puntos de recarga eléctrica lentas, semi-rápidas y rápidas en lugares estratégicos permitiendo la viabilización de la movilidad eléctrica que permita el cambio de combustibles fósiles por energía eléctrica reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero en el departamento del Huila” perteneciente a la variable Electrolineras o Puntos de Carga Eléctrica, se visualiza gobernabilidad fuerte en su mayoría de estrategias puesto que hacen parte de las memorias de cálculo y diseños generados por profesionales competentes en el área de la electrotecnia. En cuanto al tema normativo y de instalación, depende de agentes externos y contratados para tal fin.

## Conclusiones

El sector energético del departamento debe establecer estrategias adecuadas que permitan alcanzar el escenario deseado y que contribuyan para hacer frente a los desafíos en materia de competitividad, incentivando y educando a la población sobre el uso de energías limpias y sostenibles con el fin de reducir gases de efecto invernadero. Lo anterior permite diversificar el suministro de energía y la disminución en la dependencia de los combustibles fósiles, de igual manera es oportuno invertir en energías renovables que generen competitividad en el precio de kilovatio/ hora frente al suministrado por el operador de red al igual que utilidades por inyección a la red.

En referencia a distribución y comercialización se plantea repotenciar los circuitos existentes en baja tensión con reconductorización y cambio de subestaciones tipo poste por transformadores más eficientes en términos energéticos y ambientales lo que permite al usuario final la reducción de fluctuaciones, tener un mejor servicio y la instalación de los sistemas de medida. Lo anterior sin dejar de lado los avances tecnológicos como apuesta productiva y sostenible del sector energético en el departamento del Huila al año 2035.

En cuanto a la dinámica de los actores estratégicos y sus posiciones frente al futuro del sector energético se entiende que el desarrollo regional en materia energética está supeditado a las decisiones que se tomen en las organizaciones y entes regionales en las cuales se analizan los impactos inmediatos que puedan generar los diferentes actores del sector. Por ende, en referencia al comportamiento que tienen los actores dentro del sistema, se puede observar que los actores con más poder e influencia son los gobiernos tanto nacionales como departamentales, seguidos de las clases políticas departamentales, locales y nacionales, junto con los generadores de energía, agentes del mercado, inversionistas y la Comisión de Regulación de energía y gas. Con relación a los actores de dependencia se establecen los grupos ambientalistas, la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), el ANLA (Ministerio de Medio Ambiente), la CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena), proveedores de bienes y servicios y la Electrificadora del Huila, demostrando que la energía eléctrica es un servicio enmarcado en las regulaciones, los esquemas jurídicos y administrativos, puesto que señalan y administran los parámetros con las cuales se mueven los agentes económicos que participan en el sector, sin dejar de lado el operador de red que es el dueño de la infraestructura eléctrica del departamento.

## Referencias

Allard, L. (2020). *Desarrollo prospectivo del sistema eléctrico europeo para el año 2050*.

Alcaldía de Medellín (23 de 04 de 2007). *Convenio marco de relaciones municipio de Medellín - Empresas Públicas de Medellín E.S.P.*  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/centro\\_de\\_contacto/relacion\\_estado/Anexo4-ConvenioMarcoRelacionesEPM-Municipio\\_001.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/centro_de_contacto/relacion_estado/Anexo4-ConvenioMarcoRelacionesEPM-Municipio_001.pdf)

Sector Electricidad (2014). *Tesla y la electricidad inalámbrica – La Witricidad*.  
<https://www.sectorelectricidad.com/9817/tesla-y-la-electricidad-inalambrica-la-witricidad/>

- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia ANDI (2019). *Sector minero-energético, plan nacional UPME*. Bogotá D.C. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/8383-sector-minero-energetico-estrategico-par>
- Balbi, E. (2014). *Construyendo el futuro: Metodología prospectiva. Método MEYEP de prospectiva estratégica*. Buenos Aires, Argentina.
- Barahona, A., Sanguña, C., Murillo A., & Pantoja L. (2019). Modelos prospectivos: análisis teóricos, revisión de literatura de estudios desarrollados por Godet y Mojica. *Revista electrónica TAMBARA*, 8(47), 655-669.
- Cárdenas, P. (2019). *El sol y el viento transformaran la matriz energética de Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- CELSIA S.A. (2018). *Reporte integrado de gestión 2018*. [https://www.celsia.com/es/Portals/0/Documentos/Reporte\\_%20Integrado\\_%20Celsia\\_2018.pdf#page=61](https://www.celsia.com/es/Portals/0/Documentos/Reporte_%20Integrado_%20Celsia_2018.pdf#page=61)
- Congreso de la República de Colombia (2014). *Ley 1715 de 2014*. “Por medio del cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”. Bogotá D.C.
- Editorial La República (2013). *Empresas realizan estudio de competitividad del sector energético*. Bogotá D.C.
- Electrohuila S.A. ESP. (2015). *Informe de gestión*. <https://www.electrohuila.com.co/#>
- Electrohuila S.A. ESP. (2017). *Informe de gestión*. <https://www.electrohuila.com.co/#>
- Electrohuila S.A. ESP. (2018). *Reporte integrado de gestión 2018*. Neiva. <https://www.electrohuila.com.co/#>
- Electrificadora del Huila S.A. E.S.P. (2019). *Historia del sector energético*.
- Electrohuila S.A. ESP. (2020). *Informe de gestión*. <https://www.electrohuila.com.co/#>
- El nuevo siglo (2021). *Colombia tiene todo por explorar en energía nuclear*. Bogotá D.C. <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/03-07-2021-colombia-tiene-todo-por-explorar-en-energia-nuclear>
- Gobernación del Huila (2019). *Plan Regional de Competitividad del Huila*. Cámara de Comercio del Huila.
- Godet, M. (1993). *De la Anticipación a la Acción*. Paris: Marcombo. <https://administracion.uexternado.edu.co/matdi/clap/De%20la%20anticipaci%C3%B3n%20a%20la%20acci%C3%B3n.pdf>

- Godet, M. (2007). *La caja de herramientas de la prospectiva: problemas y métodos*. Paris: CNAM.
- Grupo EPM (2018). *Informe de gestión 2018*. <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/Informe-de-gestio%CC%81n-2018-2.pdf?ver=2019-05-02-075927-260>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2014). *Estaciones del atlas de radiación solar en Colombia*. <https://www.energie.ws/datos-radiacion-solar-colombia-atla>
- Mera, C. (2012). Concepto, aplicación y modelo de prospectiva estratégica en la administración de las organizaciones. *Estrategia Organizacional*, 25-30. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-estrategica-organizacio/article/view/1208/1570>
- Mera, C. (2014). *Pensamiento prospectivo: visión sistémica de la construcción del futuro*. Revista Colombiana de Humanidades, 46(84), 89-104. <https://www.redalyc.org/pdf/5155/515551535005.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2018). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2018a). *Resolución No. 030*. Bogotá D.C. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Ministerio de Energía y Minas Perú (2016). *Prospectiva estratégica del sector energético*. <https://acortar.link/LFxbiA>
- Mojica, F. (2010). *Introducción a la prospectiva estratégica*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia. <https://acortar.link/UIzNhj>
- Mojica, F. (1999). *Determinismo y construcción del futuro*. <https://es.scribd.com/document/273765429/Francisco-Jose-Mojica-Determinismo-y-construccion-del-futuro>
- Mojica, F. (2005). *La Construcción del Futuro*. Bogotá: Universidad Externado Colombia – Convenio Andrés Bello.
- Rodríguez, M. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, 28, 83-89. <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015051011.pdf>
- Rubiano Zambrano, V. M., & Camelo Zarabanda, C. E. (2017). *Prospectiva estratégica para la identificación de oportunidades de innovación del operador de red del departamento del Huila*. (Tesis de maestría). Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/677>

- Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Secretaría de Energía de México (2016). *Estudio prospectivo de energías renovables; México 2016 – 2030*. <https://acortar.link/N4CC1w>
- Sitio Solar.com. (2019). *La historia de la energía solar fotovoltaica*. <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Universidad Autónoma de Querétaro (2021). *Materiales nanotecnológicos innovadores*. <https://es.scribd.com/document/490807037/Materiales-2021>
- Universidad del Valle (2018). transición energética para Colombia 2050. Recuperado de <http://prospectiva.univalle.edu.co/component/k2/item/420-transicion-energetica-para-colombia-2050-2018>
- Universidad Nacional de Colombia (2002). *Metodología para el seguimiento al mercado eléctrico en Colombia*. Bogotá D.C.
- Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME (2010). *Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE)*. Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía
- Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME (04 de 2016 a). *Smart Grids Colombia: Visión 2030*. <https://acortar.link/re2gSt>
- Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME (2016 b). *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia 2016*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de <http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/>
- Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME (2018). *Boletín estadístico de minas y energías*. [https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin\\_Estadistico\\_2018.pdf](https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Estadistico_2018.pdf)
- Vargas, J. (2020). *Programa de Formación de Líderes Energéticos*. Consejo Mundial de Energía-Colombia, 7-125.