Educación

PNUD

50 AÑOS 1974 - 2024 COLOMBIA



CONTEXTUALIZACIÓN DEL ÁREA DE CUALIFICACIÓN PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y ELECTRICIDAD

PEEL

Junio de 2025

Marco Nacional de Cualificaciones Colombia

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 8

OBJETIVOS 13

Objetivos específicos 13

1. DELIMITACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL ÁREA DE CUALIFICACIÓN 14

1.1. Descripción del área de cualificación. 14

1.2. Análisis de las actividades económicas (CIIU 04 A.C.). 15

1.3. Reconocimiento de las ocupaciones. 30

2. CADENA DE VALOR 48

2.1. Conceptualización de la cadena de valor. 48

2.2. Esquematización de la cadena de valor y descripción de sus eslabones, procesos y subprocesos. 48

2.2.1. Generación. 49

2.2.2. Transmisión. 52

2.2.3. Distribución. 54

2.2.4. Comercialización. 56

2.2.5. Usuario final activo. 58

2.2.6. Procesos transversales. 60

2.3. Cadena de valor complementaria relacionada con la Sección C – Industrias Manufactureras, División 27 - Fabricación de aparatos y equipo eléctrico y División 33 Instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo. 72

2.4. Resultados del ejercicio de verificación de la cadena de valor. 74

2.4.1. Metodología. 76

2.4.2. Estadística del ejercicio. 77

2.5. Armonización de las Actividades Económicas (CIIU) y las Ocupaciones (CUOC) con la descripción del área de cualificación PEEL. 88
3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA. 97
3.1. Definición del sector de energía eléctrica y servicios conexos. 97
3.2. Entorno socioeconómico. 98
3.2.1. Acceso a la energía. 98
3.2.2. Impacto económico. 101
3.2.3. Descripción de la participación regional de las actividades económicas del sector. 103
3.2.4. Estructura empresarial del mercado en el sector eléctrico. 105
3.2.5. Aporte del sector de energía eléctrica al mercado laboral en términos de empleo. 106
3.2.6. Inclusión, género y diversidad en el talento humano del sector eléctrico. . 112
3.2.7. Proyección a nivel internacional de sector eléctrico. 112
3.2.8. Variables prospectivas para la planeación energética. 114
3.2.9. Implicaciones del entorno socioeconómico para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL. 114
3.3. Entorno tecnológico. 115
3.3.1. Matriz energética. 115
3.3.2. Tecnologías predominantes en el sector eléctrico en Colombia. 116
3.3.3. Valoración del impacto de la tecnología en el desempeño laboral. 124
3.3.4. Implicaciones del entorno tecnológico para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL. 134
3.4. Entorno ambiental. 135
3.4.1. Aspectos e impactos ambientales del área de cualificación PEEL. 136

3.4.2. Normatividad ambiental de actividades del área de cualificación PEEL. 138
3.4.3. Medidas de adaptación del sector eléctrico. 145
3.4.4. Medidas de mitigación del impacto del área de cualificación PEEL. 145
3.4.5. Compromisos frente al cambio climático en el área de cualificación PEEL. 146
3.4.6. Implicaciones del entorno ambiental para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL. 147
3.5. Entorno de internacionalización. 149
3.5.1. Referentes internacionales en la transición energética. 151
3.6. Entorno normativo. 154
3.7. Entorno organizacional. 159
3.7.1. Estructura institucional del sector eléctrico colombiano. 159
BIBLIOGRAFÍA 178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades económicas CIIU 04 A.C. relacionadas con el Área de Cualificación PEEL. 15
Tabla 2. Relación de ocupaciones CUOC vinculadas al AC PEEL. 31
Tabla 3. Listado de ocupaciones CUOC relacionadas con el AC PEEL. 33
Tabla 4. Participantes sesión verificación cadena de valor. 75
Tabla 5. Tabla de armonización Actividades Económicas CIIU, cadena de valor y ocupaciones CUOC relacionados con el área de cualificación PEEL. 89
Tabla 6. Descripción de impactos y medidas de manejo en proyectos de líneas de transmisión eléctrica. 139
Tabla 7. Descripción de impactos y medidas de manejo en proyectos de subestaciones de electricidad. 141

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Pertinencia de las actividades económicas. 78
Gráfica 2. ¿La estructura de la cadena de valor definida por etapas refleja la realidad actual y tendencial del sector? 79
Gráfica 3. ¿La propuesta de cadena de valor del sector eléctrico representa la realidad actual y futura del sector? 81
Gráfica 4. Tasa de crecimiento PIB del subsector de Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (2015-2023 preliminar). Base 2015. 103
Gráfica 5. Promedio anual ponderado de ocupados por subsector (2021-2024) 107
Gráfica 6. Pirámide poblacional de promedio anual ponderado de ocupados (2021-2023). 108
Gráfica 7. Promedio anual ponderados de la tasa de ocupados (2021-2023) 109
Gráfica 8. Promedio anual ponderado de ocupados por nivel educativo (2021-2023). 110
Gráfica 9. Promedio anual ponderado de ocupados por rango salarial (2021-2023). .. 111
Gráfica 10. Participación de Colombia - fuentes renovables y de bajas emisiones en la matriz energética (% del total de la matriz energética) contexto mundial. 136
Gráfica 11. Empresas por subsector. 165
Gráfica 12. Empresas por departamento. 165
Gráfica 13. Empresas por tamaño. 166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases metodológicas para el diseño de cualificaciones. 11
Figura 2. Eslabones de la cadena de valor del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos. 49
Figura 3. Mapa ocupacional de la mesa sectorial Equipos electro-electrónicos. 73
Figura 4. Mapa ocupacional de la mesa sectorial Automatización. 73
Figura 5. Cadena de valor Fabricación de aparatos y equipo eléctrico e Instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo. 74
Figura 6. Cadena de valor del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos. 88
Figura 7. Entorno normativo del sector eléctrico en Colombia. 157
Figura 8. Estructura institucional sector eléctrico colombiano. 160
Figura 9. Asociaciones y gremios del sector eléctrico en Colombia. 163
Figura 10. Organigrama institucional del sector eléctrico en Colombia. 164
Figura 11. Estructura organizacional tipo de las empresas del sector eléctrico. 177

INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el entregable relacionado con el "Documento con la contextualización del área de cualificación de Producción de energía y electricidad (PEEL)", del convenio 01000571 suscrito entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN) donde el objeto consiste en "Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para aplicar los elementos metodológicos del Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) en el diseño de catálogos de cualificaciones para el fortalecimiento de la educación y aporte a la reconversión laboral en la transformación productiva del país".

Las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia, potencia mundial de la vida" ha establecido una hoja de ruta para que el país se convierta en un líder de la lucha mundial por la vida, la humanidad y la naturaleza, a través de cinco (5) grandes transformaciones. Particularmente, la Seguridad humana y justicia social contempla el catalizador "C. Expansión de capacidades: más y mejores oportunidades de la población para lograr sus proyectos de vida", en el cual incluye el numeral 5. "Educación, formación y reconversión laboral como respuesta al cambio productivo", donde se expone la importancia de:

- Identificar sectores o subsectores económicos con potencial de transición y con ventajas comparativas para estimar la demanda y las brechas de competencias y cualificaciones.
- Diseñar acciones para que la educación superior, la formación para el trabajo, la formación profesional integral responda a las necesidades de la transformación productiva.
- Consolidar el Sistema Nacional de Cualificaciones (SNC) y sus componentes en el marco de la estrategia de país de formación y reconversión laboral.
- Permitir el acceso a las Vías de Cualificación con calidad de las ofertas educativas y formativas y con movilidad hacia el empleo digno, a través de los componentes del SNC y su relacionamiento con la oferta de la educación posmedia.

En línea con lo anterior, Colombia ha venido avanzando en la consolidación del Sistema Nacional de Cualificaciones (SNC) en el cual incluye al Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) como uno de los componentes más importantes, ya que contribuye a garantizar el relacionamiento y la correspondencia de las necesidades de los sectores con la oferta educativa-formativa.

En este sentido, el MNC se presenta como una oportunidad para identificar y dar respuesta a los requerimientos, prospectivas y brechas de las apuestas de transformación productiva. Asimismo, para fortalecer, entre otros aspectos, la articulación entre los sectores público y privado, el reconocimiento de los aprendizajes a lo largo de la vida, la movilidad educativa y laboral y la reconversión de los sectores.

De igual forma, la misma línea Educación, formación y reconversión laboral como respuesta al cambio productivo de las Bases del Plan Nacional de Desarrollo (PND), presenta la estrategia "Consolidación del Sistema de Educación Superior Colombiano", en la que expone la necesidad de fomentar la oferta educativa en áreas estratégicas que generen una mayor interacción de las Instituciones de Educación Superior (IES) con los sectores productivo, social y cultural. En este sentido, el Marco Nacional de Cualificaciones se prioriza como un instrumento clave para la oferta de programas en la educación posmedia donde se espera contar con un modelo de educación que articule programas que puedan ser ofertados desde la media con los de la educación superior, la Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano – ETDH y la formación para el trabajo.

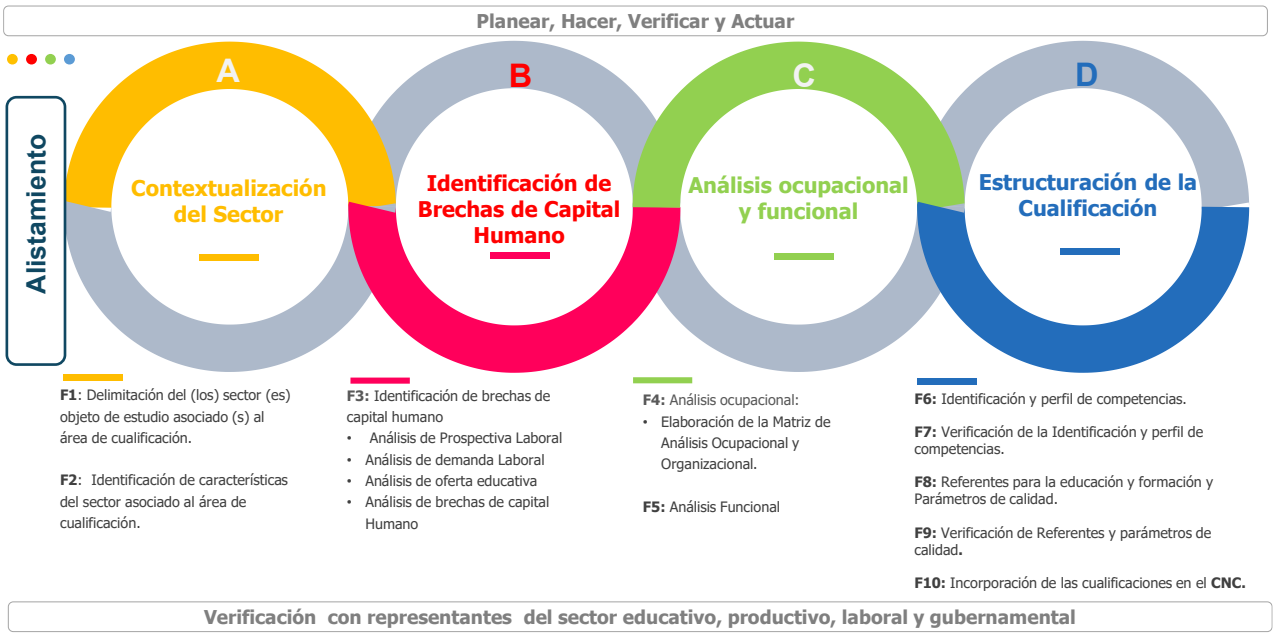
En este contexto, desde el año 2010 el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en coordinación con entidades gubernamentales, productivas, educativas y formativas, han venido avanzando significativamente en la estructuración, desarrollo e implementación del Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) para Colombia. Producto de estos avances, el MNC fue reglamentado y adoptado a través del Decreto 1649 de 2021, donde se define "como el instrumento que permite estructurar y clasificar las cualificaciones en un esquema de ocho (8) niveles ordenados y expresados en términos de conocimientos, destrezas y actitudes aplicables en contextos de estudio, trabajo o en ambos, de acuerdo

con la secuencialidad y complejidad de los aprendizajes que logran las personas en las diferentes Vías de Cualificación".

Específicamente, las acciones de diseño de catálogos de cualificaciones se han venido desarrollando teniendo en cuenta que los catálogos: i) facilitan el diseño curricular de los programas a partir de las necesidades y las apuestas del entorno social y productivo, ii) brindan referentes al sector en la gestión y capacitación del talento humano, iii) orientan a los usuarios acerca de las oportunidades de acceso a las trayectorias de cualificación que favorezcan la movilidad educativa, formativa y laboral en el ámbito nacional e internacional y iv) promueven la interacción de los sectores educativo, formativo, productivo, laboral y gubernamental, evidenciando de esta manera la articulación con las apuestas del Plan Nacional de Desarrollo mencionadas anteriormente.

Como parte de los avances en torno al MNC, las entidades que vienen liderando este proceso concertaron una ruta metodológica para el diseño de cualificaciones. Como se puede apreciar en la Figura 1, esta ruta consta de cuatro (4) etapas y diez (10) fases consideradas en la metodología de MNC. El presente documento recoge los resultados de la aplicación de la etapa A correspondiente a la "Contextualización del Sector asociado al área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL)".

Figura 1. Fases metodológicas para el diseño de cualificaciones.



Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2021.

Este documento consta de tres secciones que responden a la fase uno de la ruta metodológica del MNC. En la primera sección, se realiza la delimitación y verificación del área de cualificación que comprende su descripción, el análisis de las actividades económicas a partir de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU 04 A.C.) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020), el análisis de las ocupaciones según la Clasificación Única de Ocupaciones para Colombia (CUOC) (Departamento Nacional de Estadística - DANE y otros, 2022) y la armonización de las actividades económicas y ocupacionales que hacen parte del área de cualificación.

La segunda sección, comprende el análisis de la cadena de valor relacionada con el área de cualificación. Se abordan las estructuras organizacionales del sector, los mapas de procesos de las empresas tipo que hacen parte del sector, el diseño esquemático de la cadena de valor, con sus respectivos eslabones y la identificación de los procesos asociados a estos. Se verifica la cadena de valor con los actores interesados y se propone una versión ajustada de la cadena de valor como resultado del análisis de los resultados obtenidos en el proceso de verificación.

La tercera sección contiene la descripción de los entornos socioeconómico, tecnológico, ambiental y normativo del sector asociado al área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), correspondiente a la segunda fase de la ruta metodológica planteada por el MNC.

OBJETIVOS

Elaborar la contextualización del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos asociado al Área de Cualificación (AC) de Producción de Energía y Electricidad (PEEL). Esto implica analizar los eslabones de la cadena de valor, estructuras organizacionales, características socioeconómicas y ambientales, los avances tecnológicos, así como la normativa y regulación vigentes. Este análisis proporciona los insumos necesarios para el desarrollo de las siguientes etapas de la ruta metodológica, con el propósito de diseñar las cualificaciones necesarias para fortalecer el sector y contribuir al cierre de brechas de capital humano.

Objetivos específicos

- **Delimitar el Área de Cualificación** (AC) mediante el análisis de las actividades económicas (CIIU 04 A.C.) y ocupaciones (CUOC) relacionadas con la Producción de Energía y Electricidad (PEEL). Este proceso se enfoca en identificar actividades y ocupaciones que aportan valor a los procesos y subprocesos específicos del AC, así como en las áreas de conocimiento establecidas en la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación adaptada para Colombia (CINE-F). Todo esto busca asegurar la coherencia y pertinencia de las actividades y ocupaciones en las diferentes fases de la etapa de Contextualización del AC.
- **Determinar la cadena de valor** del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos, y las empresas y organizaciones asociadas con el Área de Cualificación (AC) de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), con el fin de armonizar las actividades económicas con las ocupaciones relevantes para el AC.
- **Presentar las características** de los entornos socioeconómico, tecnológico, organizacional, ambiental, normativo y de proyección internacional del sector asociado al área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), que proporcionan insumos esenciales para las siguientes etapas en el diseño y estructuración de las cualificaciones.

1. DELIMITACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL ÁREA DE CUALIFICACIÓN

Esta sección presenta la delimitación del área de cualificación partiendo de la composición del sector y subsectores asociados a la Producción de Energía y Electricidad, a partir de la descripción del área presentada en el documento "Descripción de las 26 áreas de cualificación" (Ministerio de Educación Nacional y Departamento Nacional de Estadística, 2020), para luego identificar y analizar las actividades económicas relacionadas con la cadena de valor, tomando como referente la CIIU 04 A.C. 2022. Así mismo, se identifican y analizan las ocupaciones según la Clasificación Nacional de Ocupacionales (CUOC), relacionadas con el área de cualificación para finalmente correlacionar las actividades económicas con estas ocupaciones.

1.1. Descripción del área de cualificación.

El área de cualificación reúne las cualificaciones que tienen afinidad en su competencia con determinadas actividades económicas de la CIIU Rev. 04. A.C., con ocupaciones de la Clasificación Nacional de Ocupacionales (CUOC), con campos detallados de la CINE-11 A.C., así como con ofertas de educación y formación actuales.

El área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL)[i] comprende actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a partir de fuentes convencionales y no convencionales de energía.

Incluye la fabricación, ensamble, instalación, ensayo, diagnóstico, mantenimiento o reparación de equipos y componentes eléctricos utilizados en los procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica.

Así mismo, contempla la asesoría y orientación sobre la operación, mantenimiento, reparación y los aspectos tecnológicos de los materiales, productos y procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica. (Ministerio de Educación Nacional y Departamento Nacional de Estadística, 2020)

1.2. Análisis de las actividades económicas (CIIU 04 A.C.).

Las Áreas de Cualificación se definen como "el agrupamiento de ocupaciones con afinidad en las competencias para cumplir el propósito y objetivos de producción de bienes y servicios en actividades económicas relacionadas entre sí" (Marco Nacional de Cualificaciones (MNC), 2024). El área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL) es el objeto de este catálogo sectorial de cualificaciones.

A continuación, se presenta la identificación y análisis de las actividades económicas de asociadas al área de cualificación PEEL, parte de la revisión de la CIIU 04 A.C.[1], estableciendo la categoría más detallada de la clasificación de actividades económicas conocida como Clase (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020).

Teniendo en cuenta la definición del área de cualificación PEEL presentada anteriormente, la tabla 1 refiere las actividades económicas relacionadas.

Tabla 1. Actividades económicas CIIU 04 A.C. relacionadas con el Área de Cualificación PEEL.

Sección	División	Grupo	Clase
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.	35 Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.	351 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.	3511 Generación de energía eléctrica.
			3512 Transmisión de energía el Ensayos y análisis técnicos eléctrica.
			3513 Distribución de energía eléctrica.
			3514 Comercialización de energía eléctrica.
Sección C Industrias manufactureras	27 Fabricación de aparatos y equipo eléctrico.	271 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos y de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica.	2711 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos.
			2712 Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica.
		272 Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos.	2720 Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos.

[1] La Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) es la clasificación internacional de referencia de las actividades productivas. Su objetivo principal es proporcionar un conjunto de categorías de actividades que puedan utilizarse para la recopilación y la presentación de informes estadísticos de acuerdo con esas actividades.

Sección	División	Grupo	Clase
		273 Fabricación de hilos y cables aislados y sus dispositivos.	2731 Fabricación de hilos y cables eléctricos y de fibra óptica.
			2732 Fabricación de dispositivos de cableado.
		279 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico.	2790 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.
	33 Instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo.	331 Mantenimiento y reparación especializado de productos elaborados en metal y de maquinaria y equipo.	3314 Mantenimiento y reparación especializado de equipo eléctrico.
F Construcción	42 Obras de ingeniería civil.	422 Construcción de proyectos de servicio público.	4220 Construcción de proyectos de servicio público.
	43 Actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil**.**	432 Instalaciones eléctricas, de fontanería y otras instalaciones especializadas.	4321 Instalaciones eléctricas.
M Actividades profesionales, científicas y técnicas	71 Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos.	711 Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.	7112* Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.
		712 – Ensayos y análisis técnicos.	7120 Ensayos y análisis técnicos.
	72 Investigación científica y desarrollo.	721 Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería.	7210 Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería.
O Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	84 administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria.	841 Administración del Estado y aplicación de la política económica y social de la comunidad.	8414 Actividades reguladoras y facilitadoras de la actividad económica. 8415 Actividades de los órganos de control y otras instituciones.

Fuente: elaboración propia a partir de la CIIU 04 A.C.

Para el AC PEEL se relacionan **cinco Secciones** con **18 actividades económicas o Clase**, las cuales se describen.

Sección D. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.

3511. Generación de energía eléctrica

La generación de grandes cantidades de energía eléctrica, su transmisión desde las centrales de generación a los centros de distribución y de estos a los usuarios finales mediante su comercialización.

Esta clase incluye:

- La actividad de personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica y tienen por lo menos una planta y/o unidad de generación conectada al Sistema Interconectado Nacional, bien sea que desarrollen esa actividad en forma exclusiva o en forma combinada con otra u otras actividades del sector eléctrico, cualquiera de ellas sea la actividad principal.
- La gestión de las instalaciones de generación de energía eléctrica, ya sean térmicas, hidroeléctricas, de turbina de gas, de diésel y de energías renovables (obtenidas de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales, por ejemplo, la energía eólica, solar, entre otras.).
- La cogeneración que consiste en el proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica, que hace parte integrante de una actividad productiva, destinadas ambas al consumo propio o de terceros y destinadas a procesos industriales o comerciales.

- Esta clase excluye:
    - La generación de electricidad mediante la incineración de desechos. Se incluye en la clase 3821 «Tratamiento y disposición de desechos no peligrosos».

3512. Transmisión de energía eléctrica

Esta clase incluye:

- La actividad consistente en el transporte de energía por sistemas de transmisión y la operación, mantenimiento y expansión de sistemas de transmisión, ya sean nacionales o regionales.
- La gestión de los sistemas de transmisión que conducen la energía desde las instalaciones de generación hasta el sistema de distribución. La transmisión se realiza mediante cables soportados por torres metálicas o postes que transportan electricidad a tensiones mayores o iguales a 220 KV.

3513. Distribución de energía eléctrica

Esta clase incluye:

- La actividad de transportar energía eléctrica a través de una red a voltajes inferiores a 220 kilovoltios (KV), bien sea que esa actividad se desarrolle en forma exclusiva o combinada con otras actividades del sector eléctrico, cualquiera de ellas sea la actividad principal.
- La gestión de los sistemas de distribución (integrados por líneas, postes, contadores, transformadores, cables e instalaciones eléctricas) que transportan la energía eléctrica recibida de la central eléctrica o del sistema de transmisión hasta el consumidor.

3514. Comercialización de energía eléctrica

Esta clase incluye:

- La actividad que consiste en la compra de energía eléctrica en el mercado mayorista y su venta a los usuarios finales, regulados o no regulados. Quien desarrolla esta actividad se denomina comercializador de energía eléctrica.
- La comercialización de la energía eléctrica comprende actividades como: realizar el contrato de conexión a la red de distribución, efectuar la lectura de los medidores, facturación del servicio; recaudación del pago del servicio; atención al cliente (reclamos por calidad del servicio y por la atención comercial).

Sección C Industrias manufactureras

2711. Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos

Esta clase incluye: la fabricación de transformadores de energía eléctrica, tales como los de distribución (ejemplo: tipo convencional de poste) y los especializados (ejemplo: transformadores de subestación); motores eléctricos, generadores y conjuntos generador-máquina motriz (definidos como generadores eléctricos accionados de

diversas formas; los hay de manivela o de pedal, los cuales son presentados sin máquina). Las actividades manufactureras características de esta clase son principalmente:

- La fabricación de transformadores para equipos de soldadura de arco eléctrico.
- La fabricación de reactancias (balastos), es decir, transformadores para lámparas fluorescentes.
- La fabricación de transformadores de subestación para la distribución de energía eléctrica.
- La fabricación de transformadores de estaciones de interconexión de redes.
- La fabricación de motores eléctricos (excepto los motores de arranque para motores de combustión interna).
- La fabricación de bobinas de inducción.
- La fabricación de generadores de energía (excepto los utilizados con los motores de encendido por chispa o por compresión).
- La fabricación de generadores de fuerza (excepto los alternadores cargados por baterías para motores de combustión interna).
- La fabricación de conjuntos generador-máquina motriz (excepto motores turbogeneradores movidos por una turbina de gas, vapor o hidráulica).
- El rebobinado de armaduras.
- Las bobinas de reactancias, generadores de alta tensión.

Esta clase excluye:

- La fabricación de transformadores para aplicaciones electrónicas. Se incluye en la clase 2610 «Fabricación de componentes y tableros electrónicos».
- La fabricación de diodos. Se incluye en la clase 2610 «Fabricación de componentes y tableros electrónicos».
- La fabricación dispositivos de control ambiental e instrumentos de control de procesos industriales y no industriales. Se incluye en la clase 2651 «Fabricación de equipo de medición, prueba, navegación y control».

2712. Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica

Esta clase incluye:

Los aparatos eléctricos de esta clase están destinados a altos voltajes de distribución. Se contemplan entre otras actividades:

- La fabricación de disyuntores de circuitos de energía (aparatos destinados a interrumpir automáticamente el paso de la corriente cuando la intensidad o la tensión de esta excede un valor límite).
- La fabricación de relés (aparatos destinados a producir en un circuito una modificación dada, cuando se cumplen determinadas condiciones en el mismo circuito en otro distinto).
- La fabricación de tableros (ensamblados de un cierto número de aparatos utilizados en la distribución de la energía eléctrica, o para el control de esta), paneles (incluso paneles de control numérico), consolas, mesas, cajas y otras bases, equipados con dos o más de los aparatos anteriormente descritos, para el control o la distribución de energía eléctrica, incluso los provistos de instrumentos de medición y control.
- La fabricación de conductos para cuadros de distribución.
- La fabricación de fusibles eléctricos (tienen la propiedad de fundirse cuando la corriente excede el valor permitido, cortando de esta forma el circuito en el que están intercalados).
- La fabricación de aparatos de conmutación (utilizados para unir a voluntad un circuito con otro u otros circuitos).
- La fabricación de interruptores de energía eléctrica (para tensiones superiores a los 1000 voltios).
- La fabricación de reguladores de voltaje de transmisión y distribución.
- La fabricación de limitadores de sobretensión (para voltajes de distribución).

Esta clase excluye:

- La fabricación de alambre o placa para fusibles. Se incluye en la clase 2429 «Industrias básicas de otros metales no ferrosos».
- La fabricación de conectores e interruptores para aplicaciones electrónicas y para circuitos eléctricos. Se incluye en las clases 2610 «Fabricación de componentes y tableros electrónicos» y 2732 «Fabricación de dispositivos de cableado», respectivamente.
- La fabricación de conmutadores para circuitos eléctricos (como los de pulsador, solenoide, oscilantes, entre otros). Se incluye en la clase 2732 «Fabricación de dispositivos de cableado».
- La fabricación de tableros, paneles, consolas, etc., para telefonía y telegrafía. Se incluye en la clase 2630 «Fabricación de equipos de comunicación».
- La fabricación de instrumentos de control ambiental (dispositivos automáticos de control y regulación para aparatos de uso doméstico [ejemplo: de calefacción, de aire acondicionado, entre otros]) y de procesos industriales que muestran, indican, registran, transmiten y controlan variables como temperatura, humedad, presión, combustión, flujo de nivel, etc. Se incluyen en la clase 2651 «Fabricación de equipo de medición, prueba, navegación y control».
- La fabricación de equipos de soldadura eléctrica, incluyendo equipos operados manualmente. Se incluyen en la clase 2790 «Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.».
- La fabricación de electrodos de carbón y de grafito. Se incluye en la clase 2790 «Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.».

2720. Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos

Esta clase incluye:

- La fabricación de pilas recargables (acumuladores) y no recargables (pila eléctrica). La fabricación de pilas y baterías de pilas eléctricas: pilas de dióxido de manganeso, óxido de mercurio, óxido de plata u otro material.
- La fabricación de acumuladores eléctricos, incluso partes de esos acumuladores tales como separadores, contenedores, tapas, placas y rejillas de plomo; acumuladores de plomo-ácido, níquel-hierro, níquel-cadmio o de otro tipo como, por ejemplo, baterías para automotores.
- La fabricación de baterías de ácido de plomo.
- La fabricación de baterías de níquel-cadmio.
- La fabricación de baterías de níquel e hidruro metálico. (Este es el tipo de batería recargable que utiliza un ánodo de oxi-hidróxido de níquel [NiOOH], como la batería de níquel-cadmio, pero su cátodo es de una aleación de hidruro metálico).
- La fabricación de baterías de litio.
- La fabricación de baterías de pilas secas. (Aquellas en las que el electrolito inmovilizado con sustancias absorbentes o geles forma una pasta. El electrolito usado puede ser líquido, pero está inmovilizado para evitar su vertido; por ejemplo, las utilizadas en aparatos portátiles).
- La fabricación de baterías de pilas húmedas. (Aquellas en las que el electrolito es un líquido que no está inmovilizado; las pilas de este tipo son sensibles a la posición en la que se coloquen).
- La reconstrucción de baterías para automotores.

Esta clase excluye:

- El mantenimiento y reparación especializado de pilas, baterías y acumuladores eléctricos cuando son realizados por establecimientos dedicados exclusivamente a

dicha actividad. Se incluyen en la clase 3314 «Mantenimiento y reparación especializado de equipo eléctrico».

2731. Fabricación de hilos y cables eléctricos y de fibra óptica

Esta clase incluye:

- La fabricación de hilos y cables (incluidos los cables coaxiales) recubiertos con material aislante (incluidos los laqueados o anodinados), y otros conductores de electricidad aislados, estén provistos o no de conectores, hechos de acero, cobre y aluminio.
- La fabricación de cables de fibra óptica recubiertos individualmente de material aislado, para la transmisión de datos codificados (telecomunicaciones, video control de datos, entre otros) o la transmisión de imágenes en directo.

Esta clase excluye:

- La fabricación de cables de metales no ferrosos sin material aislante. Se incluye en la clase 2599 «Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.».
- La fabricación de cables de metal no aislados o de cables aislados, pero no aptos para conducir electricidad. Se incluye en la clase 2599 «Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.».
- La fabricación de hilos (por proceso de estirado de hilo). Se incluye en las clases 2410 «Industrias básicas de hierro y de acero» o en la 2429 «Industrias básicas de otros metales no ferrosos».
- La fabricación de cables de computadora, de impresora, cables USB y juegos de cables similares o ensambles. Se incluye en la clase 2610 «Fabricación de componentes y tableros electrónicos».
- La fabricación de cables de extensión o alargadores de alambre aislado. Se incluye en la clase 2790 «Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.».
- La fabricación de juegos de cable, cable preformado y juegos de cables similares o ensambles para aplicaciones automotrices. Se incluye en la clase 2930 «Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores».

- La fabricación de fibra o hilo de vidrio. Se incluye en la clase 2310 «Fabricación de vidrio y productos de vidrio».
- La fabricación de juegos de cables de fibra óptica o cables de fibra óptica ensamblados con conectores u otros accesorios. Se clasifica según su aplicación, por ejemplo: la fabricación de cables de impresora, cables de monitor, cables de USB, entre otros, se incluye en la clase 2610 «Fabricación de componentes y tableros electrónicos».

Sección F Construcción

4220. Construcción de proyectos de servicio público

Esta clase comprende la construcción de líneas de distribución y edificios conexos y estructuras que sean parte integral de esos sistemas.

Esta clase incluye:

- La construcción de obras de ingeniería civil relacionadas con:

  - Tuberías de larga distancia y líneas de transmisión de energía eléctrica y comunicaciones.

  - Tuberías urbanas, líneas urbanas de transmisión de energía eléctrica y comunicaciones; obras auxiliares en zonas urbanas.

  - Construcción de conductos principales y acometidas de redes de distribución de agua.

  - Sistemas de riego (canales).

- La construcción de:

  - Sistemas de alcantarillado (incluida su reparación).

  - Instalaciones de evacuación de aguas residuales.

  - Estaciones de bombeo

  - Centrales eléctricas

- La perforación de pozos de agua.

Esta clase excluye:

- Las actividades de gestión de proyectos relacionadas con la construcción. Se incluyen en la clase 7112 «Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica».

Sección M Actividades profesionales, científicas y técnicas

7112. Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica

Esta clase incluye:

La prestación de servicios de ingeniería, servicios de dibujo de planos, servicios de inspección de edificios y servicios de prospección, de cartografía y servicios similares.

Se incluyen las siguientes actividades:

- El diseño de ingeniería (es decir, aplicación de las leyes físicas y de los principios de ingeniería al diseño de máquinas, materiales, instrumentos, estructuras, procesos y sistemas) y actividades de consultoría relativas a: maquinaria, procesos y plantas industriales; proyectos de ingeniería civil, hidráulica y de tráfico, proyectos de ordenación hídrica; elaboración y realización de proyectos de ingeniería eléctrica y electrónica ingeniería de minas, ingeniería química, mecánica, industrial y de sistemas, e ingeniería especializada en sistemas de seguridad y actividades de gestión de proyectos relacionadas con la construcción.
- La elaboración de proyectos de ingeniería especializada en sistemas de acondicionamiento de aire, refrigeración, saneamiento, control de la contaminación acondicionamiento acústico, etcétera.
- Los estudios geofísicos, geológicos y sismográficos.
- Los servicios geodésicos: actividades de agrimensura, estudios hidrológicos, estudios de subsuelo, actividades cartográficas y de información espacial.

Esta clase excluye:

- Las perforaciones de prueba relacionadas con la explotación minera. Se incluye en la clase 0990 «Actividades de apoyo para otras actividades de explotación de minas y canteras».
- El desarrollo o edición de programas informáticos (software). Se incluye en la clase 5820 «Edición de programas de informática (software)» y en la clase 6201 «Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas)».
- Las actividades de arquitectura. Se incluyen en la clase 7111 «Actividades de arquitectura».
- La realización de ensayos técnicos. Se incluyen en la clase 7120 «Ensayos y análisis técnicos».
- Las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la ingeniería. Se incluyen en la clase 7210 «Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería».
- El diseño industrial. Se incluye en la clase 7410 «Actividades especializadas de diseño».
- La fotografía aérea. Se incluye en la clase 7420 «Actividades de fotografía».

7210. Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería

Esta clase incluye:

- Las actividades de investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería en ciencias naturales, ingeniería y tecnología, ciencias médicas, biotecnología, ciencias agropecuarias y aquellas de carácter interdisciplinario, centrados especialmente en ciencias naturales e ingeniería.
- Las investigaciones para obtener nuevas variedades de semillas o modificar las existentes.

- Las actividades de investigación y desarrollo de productos farmacéuticos (incluidos los de biotecnología).

Esta clase excluye:

- Las actividades de investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades. Se incluyen en la clase 7220 «Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias sociales y las humanidades».

7120. Ensayos y análisis técnicos

Esta clase incluye:

- La realización de ensayos físicos, químicos y otros ensayos analíticos de todo tipo de materiales y productos:

  - Los ensayos acústicos y de vibraciones.

  - El análisis de la composición y la pureza de minerales, etcétera.

  - Los ensayos en el ámbito de la higiene alimentaria, incluidas actividades de ensayo y control veterinario en relación con la producción de alimentos.

  - Los ensayos para determinar las propiedades físicas y el rendimiento de productos y materiales en cuanto, por ejemplo, a su resistencia, espesor, durabilidad, radioactividad, etcétera.

  - Los ensayos de calificación y fiabilidad.

  - Los ensayos de rendimiento de maquinaria completa: motores, automóviles, equipo electrónico etcétera.

  - Los ensayos radiográficos de soldaduras y juntas.

  - El análisis de defectos.

  - Los ensayos y las mediciones de indicadores ambientales: contaminación del aire, agua, ruido, entre otros.

- La certificación de productos, como bienes de consumo, vehículos automotores, aeronaves contenedoras presurizados, centrales nucleares, etcétera.

- Las inspecciones periódicas de seguridad en carretera de vehículos automotores.
- Los ensayos basados en la utilización de maquetas o modelos (de aeronaves, de embarcaciones, etcétera).
- Las actividades de los laboratorios policiales.

Esta clase excluye:

- Las actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de consultaría técnica. Se incluyen en las clases 7111 «Actividades de arquitectura» y 7112 «Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica».
- Los ensayos de especímenes veterinarios. Se incluyen en la clase 7500 «Actividades veterinarias».
- Las actividades de laboratorio realizadas a pacientes internos en los hospitales y clínicas. Se incluyen en la clase 8610 «Actividades de hospitales y clínicas, con internación».

Sección O. Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria

8414. Actividades reguladoras y facilitadoras de la actividad económica

Esta clase incluye:

- La administración y la regulación pública, incluyendo la concesión de subvenciones, de los diferentes sectores económicos, tales como: sector agropecuario, pesquero, de desarrollo rural, el ordenamiento de tierras, la energía y la minería, infraestructura, el transporte, relacionadas con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos de la industria, la micro, pequeña y mediana empresa, las comunicaciones, hoteles y turismo, el comercio al por mayor y al por menor y demás servicios no mencionados anteriormente. Actividades de comercio exterior de bienes, servicios y tecnología, la promoción de la inversión extranjera, el comercio interno y

el turismo; y ejecución de políticas, planes generales, programas y proyectos de comercio exterior.

- La administración de las políticas de investigación y desarrollo destinadas a mejorar los resultados económicos y de los fondos correspondientes. • La administración de las actividades laborales generales, formulación y adopción de políticas, planes generales, programas y proyectos para el trabajo como, por ejemplo, la legislación referente a las condiciones de trabajo y de remuneración.
- La administración de políticas de desarrollo regional; por ejemplo, para reducir el desempleo.
- Actividades de diseño, adopción y promoción de políticas, planes, programas y proyectos del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones. • Dentro de esta clase, encontramos algunas entidades que, aunque hacen parte de la rama ejecutiva del poder público, tienen como objetivo primordial la formulación y adopción de las políticas, planes y programas que facilitan la actividad económica y contribuyen al crecimiento económico del país.

Esta clase excluye:

- Las actividades de investigación y desarrollo experimental. Se clasifican en la división 72 «Investigación científica y desarrollo».
- La administración en el mercado de títulos de deuda pública, de la moneda nacional. Se incluye en la clase 6411 «Banco Central».
- Los servicios educativos a cargo de instituciones públicas o privadas. Se incluyen en la división 85 «Educación».

8415. Actividades de los órganos de control y otras instituciones

Esta clase incluye:

- Las actividades de los órganos de control y de otras instituciones del Estado que no pertenecen a ninguna rama del poder público y cuentan con autonomía administrativa y presupuestal para adelantar las funciones que la constitución les asigna.

- Las actividades realizadas por los órganos independientes que se encargan de cumplir funciones del Estado diferentes a las realizadas por las ramas del Poder Público.
- La protección y la promoción de los derechos humanos, la protección del interés público y la vigilancia de la conducta oficial de quienes desempeñan funciones públicas.
- La vigilancia de la gestión fiscal realizada por la administración y de los particulares o entidades que manejen fondos o bienes de la nación.
- La organización de las elecciones, su dirección y vigilancia, así como lo relativo a la identidad de las personas. La regulación inspección vigilancia y control de la actividad electoral de las agrupaciones políticas y sus candidatos.
- Actividades de regulación acceso, fortalecimiento, vigilancia y control de la prestación del servicio público de televisión.
- La formulación y la aplicación de normas y procedimientos generales de personal en materia de métodos de selección, calificación y ascenso, descripción de funciones, evaluación y clasificación, aplicación de reglamentos de personal, entre otros.

Esta clase excluye:

- Las actividades de las organizaciones que forman parte de un partido o que tienen influencia política. Se incluyen en la clase 9492 «Actividades de asociaciones políticas».

1.3. Reconocimiento de las ocupaciones.

Este numeral presenta la revisión y verificación de los códigos de la Clasificación Única de Ocupaciones para Colombia – CUOC, que están asociados al área de cualificación PEEL – Producción de Energía y Electricidad, con la información contenida en la clasificación CUOC.

Efectuada la revisión y verificación en la CUOC de las ocupaciones relacionadas con el área de cualificación PEEL, se identificaron 19 ocupaciones principales asociadas al área de cualificación. La tabla 2 relaciona cada ocupación con su descripción.

Tabla 2. Relación de ocupaciones CUOC vinculadas al AC PEEL.

Ocupación	Descripción
12230 Directores y gerentes de ingeniería, investigación y desarrollo	Planean, dirigen y coordinan las actividades de investigación y desarrollo científico de una empresa u organización que proporcionan servicios afines a otras empresas y organizaciones; preparan reportes, proveen consultoría y administran programas relacionados, ya sea como director de un departamento de una gran empresa u organización o de una empresa que ofrece este tipo de servicios a otras empresas y organizaciones.
13210 Directores y gerentes de industrias manufactureras	Planean, coordinan y controlan las operaciones relacionadas con la producción de bienes y servicios y la distribución de servicios públicos, así como la recolección, el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos.
21499 Ingenieros no clasificados en otras ocupaciones	Investigan, diseñan, operan y/o dirigen los procesos de elaboración, funcionamiento, mantenimiento, reparación de equipos y sistemas. Analizan y asesoran sobre aspectos tecnológicos de productos y/o procesos propios de la ingeniería no clasificados en otras ocupaciones.
21510 Ingenieros electricistas	Investigan, analizan, asesoran, diseñan, modelan, administran, planean, seleccionan y vigilan la construcción, funcionamiento, mantenimiento, reparación, prueba de sistemas eléctricos y de producción, generación, transmisión, distribución y transporte de energía eléctrica, componentes, motores, equipos eléctricos e instrumentos de medición de variables eléctricas; estudian y asesoran sobre aspectos tecnológicos de los materiales, productos y procesos propios de la ingeniería eléctrica
21521 Ingenieros electrónicos[2] **21521.016 Ingeniero electrónico** **21521 013 Ingeniero de sistemas embebidos**	Investigan, diseñan, operan y dirigen los procesos de construcción, ensamble, funcionamiento, mantenimiento, reparación de equipos y sistemas electrónicos en las áreas de comunicación, control, instrumentación, potencia, entre otras; adicionalmente estudian, analizan y asesoran sobre aspectos tecnológicos de materiales, productos y procesos propios de la ingeniería electrónica. Se pueden desempeñar en empresas de consultoría, desarrollo, fabricación, servicio, soporte e integración de dispositivos y equipos electrónicos, del sector público y privado, entre otros.
31130 Técnicos en electricidad	Ejecutan actividades técnicas asociadas a la investigación en ingeniería eléctrica, diseño, fabricación, desarrollo, prueba, producción, construcción, montaje, ampliación, remodelación, funcionamiento, operación, mantenimiento, instalación, reparación y reposición de sistemas y equipos eléctricos para la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
31228 Supervisores de fabricación de productos eléctricos y electrónicos	Supervisan y coordinan las actividades de los trabajadores que fabrican, ensamblan e inspeccionan productos, partes, componentes y sistemas eléctricos y electrónicos. Se pueden desempeñar en empresas fabricantes de productos eléctricos, electrónicos e industria manufacturera, entre otros.
31229 Supervisores de industrias manufactureras no clasificadas en otras ocupaciones.	Esta ocupación abarca a los supervisores de industrias manufactureras no clasificados en otras ocupaciones en el Grupo Primario 3122: supervisores de industrias manufactureras.

[2] Esta ocupación del área de cualificación (ELCA) Electrónica y Automatización; aporta a los procesos misionales del área de cualificación (PEEL) Producción de Energía y Electricidad por lo que será tenida en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Ocupación	Descripción
31229.016 Supervisor de central eléctrica	***Asesorar técnicamente en el diseño y disposición eficiente de las instalaciones de planta y equipos de producción.***
31310 Operadores de plantas de generación y distribución de energía	Manejan, operan y mantienen los tableros de control y equipos técnicos relacionados que se utilizan en los centros de control eléctrico que rigen la producción, distribución de energía eléctrica a través de redes de transmisión. El equipo operador incluye reactores, turbinas, generadores y otros equipos auxiliares empleados en las estaciones generadoras de energía eléctrica.
35221 - Técnicos en telecomunicaciones[3] **35221.032 Tecnólogo telemedida**	Ejecutan tareas técnicas relacionadas con la instalación, montaje, construcción, operación, mantenimiento y reparación de sistemas y servicios de telecomunicaciones, apoyan técnicamente labores de investigación en ingeniería de telecomunicaciones. Se pueden desempeñar en empresas de telecomunicaciones o todas aquellas que requieran infraestructura de telecomunicaciones del sector público y privado, pueden trabajar en forma independiente, entre otros.
72152 Instaladores y empalmadores de cables	Instalan, empalman y mantienen los cables, cuerdas y alambres en sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica, aérea y subterránea que se utilizan en obras de construcción, edificios y otras estructuras. Se pueden desempeñar en compañías de generación, transmisión y distribución de energía, empresas de servicios públicos, entre otros.
74111 Electricistas de obra, residenciales y afines	Instalan, prueban, regulan y reparan sistemas de cableado eléctrico, aparatos de control, accesorios afines y equipos relacionados en edificios, fábricas y otras instalaciones. Se pueden desempeñar en departamentos de mantenimiento, constructoras, compañías de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, entre otros.
74112 Ayudantes electricistas	Ayudan a los trabajadores que realizan labores de instalación, mantenimiento y reparación de equipos, accesorios y estructuras eléctricas tales como: redes eléctricas, subestaciones, transformadores y tableros eléctricos.
74121 Electricistas industriales	Instalan, mantienen, prueban y reparan sistemas eléctricos de aeronavegación, componentes eléctricos de vehículos automotores, redes eléctricas, equipos de generación eléctrica, subestaciones, transformadores, sistemas de distribución y transmisión de energía, controles y tableros eléctricos.
74123 Mecánicos electricistas	Instalan, montan, ajustan y reparan maquinaria eléctrica, motores eléctricos, transformadores, interruptores, ascensores, escaleras automáticas y otros aparatos. Se pueden desempeñar en talleres de reparación eléctrica, plantas manufactureras, fabricantes de equipo y maquinaria industrial, entre otros.
74130 Instaladores y reparadores de líneas eléctricas	Instalan, construyen y reparan líneas aéreas y subterráneas de sistemas de distribución, transmisión y suministro de energía eléctrica. Se pueden desempeñar en empresas de servicios públicos, compañías de generación, transmisión y distribución de energía, entre otros.

[3] Esta ocupación, del área de cualificación (TICO) aporta a los procesos misionales del área de cualificación PEEL, de ahí que es tenida en cuenta en el proyecto.

Ocupación	Descripción
81899 Otros operadores de máquinas y de instalaciones fijas no clasificados en otras ocupaciones	Operan máquinas y equipos de fabricación y ensamble de productos como lápices, cepillos, cadena, botones, chips de silicio, cables y cuerdas de empalme, entre otros. Se pueden desempeñar plantas industriales, compañías manufactureras, fábricas de productos de metal, entre otros.
82123 Ensambladores de transformadores y motores eléctricos industriales	Ensamblan, fabrican, ajustan equipos eléctricos industriales de gran resistencia, de acuerdo con los procedimientos establecidos de producción. Revisan y prueban productos ensamblados.
82124 Operadores de máquinas para la fabricación de productos y componentes eléctricos	Operan máquinas y equipos para fabricar productos completos o partes utilizadas en el ensamble de aparatos y equipos eléctricos como baterías, bombillos, fusibles, entre otros; revisan y prueban partes y productos.

Fuente: elaboración propia a partir de la Clasificación Única de Ocupaciones para Colombia CUOC 2024.

La Tabla 3 incluye las ocupaciones propias del Área de Cualificación (AC) PEEL, ocupaciones que están clasificadas en el AC PEEL y que se recomienda reubicarlas en otras AC, así como ocupaciones que están clasificadas en otras AC y que se recomienda reubicarlas en el AC PEEL.

De acuerdo con lo anterior, se incluyen en el desarrollo de proyecto 258 denominaciones de cargos, excluyendo de la tabla las relacionadas en la columna "No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC".

Tabla 3. Listado de ocupaciones CUOC relacionadas con el AC PEEL.

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
1223	**Directores y gerentes de ingeniería, investigación y desarrollo**	AFDE[4]		
12230	**Directores y gerentes de ingeniería, investigación y desarrollo**	AFDE		
12230.028	Gerente ingeniería eléctrica	PEEL[5]		
1321	**Directores y gerentes de industrias manufactureras**	AFDE		
13210	**Directores y gerentes de industrias manufactureras**	AFDE		
13210.016	Director operación, calidad y distribución energía	PEEL		

[4] AFDE - Administración finanzas y derecho.
[5] PEEL – Producción de energía y electricidad.

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
13210.017	Director operaciones generación energía	PEEL		
13210.019	Director planeación generación energía	PEEL		
13210.020	Director planeación transmisión y distribución energía	PEEL		
13210.025	Gerente de central eléctrica	PEEL		
13210.040	Gerente planta de central hidroeléctrica	PEEL		
13210.041	Gerente planta de generación de energía eléctrica	PEEL		
13210.047	Jefe de operaciones de central hidroeléctrica	PEEL		
13210.057	Jefe gestión de la información transmisión y distribución energía	PEEL		
13210.058	Jefe operación integrada transmisión y distribución energía	PEEL		
13210.059	Jefe operación y mantenimiento generación energía	PEEL		
13210.060	Jefe planta de generación energía	PEEL		
13210.064	Jefe soporte tecnologías operación transmisión y distribución energía	PEEL		
13210.065	Vicepresidente de operaciones de empresa de energía eléctrica	PEEL		
2149	**Ingenieros no clasificados en otros grupos primarios**			
21499	**Ingenieros no clasificados en otras ocupaciones**			
21499.005	Ingeniero de energía nuclear	PEEL		
21499.007	Ingeniero de generación de energía eléctrica nuclear	PEEL		
21499.008	Ingeniero de generación de energía nuclear	PEEL		
2151	**Ingenieros electricistas**	PEEL		
21510	**Ingenieros electricistas**	PEEL		
21510.001	Diseñador de máquina eléctrica	PEEL		
21510.002	Diseñador de motor eléctrico	PEEL		
21510.003	Ingeniero de alto voltaje	PEEL		
21510.004	Ingeniero de diseño de instalaciones eléctricas	PEEL		
21510.005	Ingeniero de diseño eléctrico	PEEL		
21510.006	Ingeniero de distribución de energía	PEEL		
21510.007	Ingeniero de distribución de energía eléctrica	PEEL		
21510.008	Ingeniero de electricidad industrial y de potencia	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
21.510.009	Ingeniero de electromecánica	PEEL		
21510.010	Ingeniero de generación de energía	PEEL		
21510.011	Ingeniero de generación de energía eléctrica	PEEL		
21510.012	Ingeniero de generación de energía eléctrica excepto nuclear	PEEL		
21510.013	Ingeniero de iluminación eléctrico	PEEL		
21510.015	Ingeniero de mantenimiento eléctrico	PEEL		
21510.016	Ingeniero de redes eléctricas	PEEL		
21510.017	Ingeniero de sistemas eléctricos	PEEL		
21510.018	Ingeniero de tracción eléctrica	PEEL		
21510.019	Ingeniero de transmisión de potencia eléctrica	PEEL		
21510.020	Ingeniero electricista	PEEL		
21.510.021	Ingeniero electricista de diseño de instrumentación industrial	PEEL		
21510.022	Ingeniero electricista de generación de energía eléctrica	PEEL		
21510.023	Ingeniero electricista de iluminación	PEEL		
21510.024	Ingeniero electricista de instalación y mantenimiento de tendidos eléctricos	PEEL		
21510.025	Ingeniero electricista de líneas eléctricas	PEEL		
21510.026	Ingeniero electricista de producción de energía eléctrica	PEEL		
21510.027	Ingeniero electricista de transporte y distribución de energía	PEEL		
21510.028	Ingeniero eléctrico	PEEL		
21510.029	Ingeniero eléctrico de producción de energía	PEEL		
21510.030	Ingeniero electromecánico	PEEL		
21510.031	Ingeniero en distribución y redes eléctricas	PEEL		
21510.032	Inspector eléctrico	PEEL		
21510.033	Profesional CBM eléctrico (mantenimiento basado en condición)	PEEL		
21510.034	Profesional CBM electromecánico (mantenimiento basado en condición)	PEEL		
21510.035	Profesional de confiabilidad industrial petróleo y gas	PEEL	**X**	
21510.036	Profesional de gestión de proyectos e ingeniería T&D (transmisión y distribución)	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
21510.037	Profesional de mantenimiento redes T&D (transmisión y distribución)	PEEL		
21510.038	Profesional de mantenimiento subestaciones y líneas T&D (transmisión y distribución)	PEEL		
21510.039	Profesional de operación del sistema T&D (transmisión y distribución)	PEEL		
21510.040	Profesional de operación y mantenimiento T&D (transmisión y distribución)	PEEL		
21510.041	Tecnólogo de inspección eléctrica	PEEL		
21510.042	Profesional tecnologías operación T&D (transmisión y distribución)	PEEL		
31122.020	Topógrafo de línea de transmisión	PEEL	**X**	
3113	**Técnicos en electricidad**	PEEL		
31130	**Técnicos en electricidad**	PEEL		
31130.002	Electricista en mantenimiento de superficies petróleo y gas	PEEL		
31130.003	Electrotécnico	ELCA[6]		**X**
31130.004	Electrotécnico de alta tensión	ELCA		**X**
31130.005	Electrotécnico de energía eléctrica	ELCA		**X**
31130.006	Electrotécnico de iluminación	ELCA		**X**
31130.007	Electrotécnico de ingeniería eléctrica	ELCA		**X**
31130.008	Estimador de ingeniería eléctrica	ELCA		**X**
31130.009	Estimador eléctrico	ELCA		**X**
31130.010	Operador de electric line	PEEL		
31130.011	Técnico analista CBM petróleo y gas (mantenimiento basado en condición)	PEEL	**X**	
31130.012	Técnico de electricidad	PEEL		
31130.013	Técnico de ingeniería eléctrica	ELCA		**X**
31130.014	Técnico de ingeniería iluminación eléctrica	ELCA		**X**
31130.015	Técnico de transmisión de energía eléctrica	ELCA		**X**
31130.016	Técnico electricista aeronaves	PEEL	**X**	
31130.017	Técnico electricista automotriz industria petrolera	PEEL	**X**	
31130.018	Técnico electricista de alta tensión	PEEL		
31130.019	Técnico electricista de aviación	PEEL	**X**	
31130.020	Técnico electricista industria petrolera	PEEL		

[6] ELCA – Electrónica y automatización.

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
31130.021	Técnico electrotecnia	PEEL		
31130.022	Técnico en distribución de energía eléctrica	PEEL		
31130.023	Técnico en electricidad industrial	PEEL		
31130.024	Técnico en instalación de redes eléctricas	PEEL		
31130.025	Técnico en instalación y mantenimiento de redes de energía eléctrica	PEEL		
31130.026	Técnico en instalaciones eléctricas	PEEL		
31130.027	Técnico en mantenimiento electromecánico	PEEL		
31130.028	Técnico en redes eléctricas de distribución de energía	PEEL		
31130.029	Técnico pleno electricista industria petrolera	PEEL		
31130.030	Tecnólogo de electricidad	PEEL		
31130.031	Tecnólogo de ingeniería eléctrica	PEEL		
31150.026	Técnico de ingeniería diésel de motores	PEEL	**X**	
3122	**Supervisores de industrias manufactureras**	FAMA[7]		
31228	**Supervisores de fabricación de productos eléctricos y electrónicos**	PEEL		
31228.001	Inspector de ensamble de aparatos eléctricos	PEEL		
31228.002	Inspector de ensamble de controles eléctricos	PEEL		
31228.007	Inspector de fabricación de equipo eléctrico	FAMA		**X**
31228.008	Inspector de seguridad eléctrica	PEEL		
31228.009	Inspector de seguridad y salud de electricidad	PEEL		
31228.010	Jefe de producción de aparatos eléctricos y electrónicos	PEEL		
31228.013	Supervisor de electricistas de construcción	PEEL		
31228.014	Supervisor de electricistas industriales	PEEL		
31228.015	Supervisor de electricistas residenciales	PEEL		
31228.016	Supervisor de ensamble de aparatos eléctricos	PEEL		
31228.018	Supervisor de ensamble de motores eléctricos	PEEL		
31228.019	Supervisor de ensamble de productos eléctricos	PEEL		
31228.021	Supervisor de ensamble de transformadores eléctricos	PEEL		
31228.023	Supervisor de fabricación de circuitos eléctricos	PEEL		
31228.025	Supervisor de fabricación de equipos eléctricos	PEEL		
31228.026	Supervisor de fabricación de productos eléctricos	PEEL		
31228.033	Supervisor de producción de electricidad	PEEL		
31228.035	Supervisor de pruebas en electrónica	PEEL	**X**	
31228.036	Supervisor de servicio electrónico	PEEL	**X**	
31228.041	Supervisor líneas eléctricas	PEEL		

[7] FAMA - Fabricación, transformación de materiales, instalación, mantenimiento y reparación.

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
31228.043	Supervisor producción y distribución electricidad	PEEL		
31228.044	Supervisor prueba fabricación de productos electrónicos	PEEL	**X**	
31229	**Supervisores de industrias manufactureras no clasificadas en otras ocupaciones**	FAMA		
31229.016	Supervisor de central eléctrica	PEEL	**X**	
3131	**Operadores de plantas de generación y distribución de energía**	PEEL		
31310	**Operadores de plantas de generación y distribución de energía**	PEEL		
31310.001	Despachador de carga eléctrica de estación central	PEEL		
31310.002	Despachador de estación de generación	PEEL		
31310.003	Inspector de sistemas e instalaciones térmicas	PEEL		
31310.004	Operador central de estación de energía eléctrica	PEEL		
31310.005	Operador de central de energía eléctrica	PEEL		
31310.006	Operador de control de distribución de energía	PEEL		
31310.007	Operador de control de distribución energía eléctrica	PEEL		
31310.008	Operador de controlador central de planta generadora de electricidad	PEEL		
31310.009	Operador de distribución y control de energía eléctrica	PEEL		
31310.010	Operador de estación de generación de energía	PEEL		
31310.011	Operador de estación de generación energía eléctrica	PEEL		
31310.012	Operador de estación diésel de energía	PEEL		
31310.013	Operador de estación diésel de generación energía eléctrica	PEEL		
31310.014	Operador de generador de energía eléctrica	PEEL		
31310.015	Operador de instalación de producción de energía eléctrica	PEEL		
31310.016	Operador de instalaciones de central eléctrica	PEEL		
31310.017	Operador de panel de control de reactor nuclear	PEEL		
31310.018	Operador de planta central de producción de energía eléctrica	PEEL		
31310.019	Operador de planta central mareomotriz	PEEL		
31310.020	Operador de planta de central hidroeléctrica en producción de energía eléctrica	PEEL		
31310.021	Operador de planta de energía de vapor	PEEL		
31310.022	Operador de planta de energía eléctrica	PEEL		
31310.023	Operador de planta de energía eólica generación de energía eléctrica	PEEL		
31310.024	Operador de planta de energía geotérmica	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
31310.025	Operador de planta de energía hidroeléctrica	PEEL		
31310.026	Operador de planta de energía nuclear	PEEL		
31310.027	Operador de planta de energía solar	PEEL		
31310.028	Operador de planta de energía térmica	PEEL		
31310.029	Operador de planta de gas natural y generación de energía eléctrica	PEEL		
31310.030	Operador de planta de generación y distribución energía eléctrica	PEEL		
31310.031	Operador de planta de producción de energía eléctrica	PEEL		
31310.032	Operador de plantas de generación y distribución de energía	PEEL		
31310.033	Operador de reactor de energía nuclear	PEEL		
31310.034	Operador de reactor nuclear de producción de energía eléctrica	PEEL		
31310.035	Operador de rectificador de corriente eléctrica	PEEL		
31310.036	Operador de rectificador de sistemas de energía eléctrica	PEEL		
31310.037	Operador de sistema de control de distribución	PEEL		
31310.038	Operador de sistema de energía	PEEL		
31310.039	Operador de sistema de generación de energía	PEEL		
31310.040	Operador de sistemas de energía eléctrica	PEEL		
31310.041	Operador de subestación de energía eléctrica	PEEL		
31310.042	Operador de subestaciones de energía	PEEL		
31310.043	Operador de turbina central de electricidad	PEEL		
31310.044	Operador de turbina de central eléctrica	PEEL		
31310.045	Operador de turbina de generación de electricidad	PEEL		
31310.046	Operador de turbina de producción energía eléctrica	PEEL		
31310.047	Patiero de planta de generación de energía	PEEL		
31310.048	Supervisor de sistemas e instalaciones térmicas	PEEL		
31310.049	Supervisor planta generación de energía	PEEL		
3522	**Técnicos y operadores de ingeniería de las telecomunicaciones**	TICO[8]		
35221	**Técnicos en telecomunicaciones**	TICO		
35.221.032	Tecnólogo telemedida	PEEL		
72.152.001	Asistente de cables	PEEL		

[8] TICO - Tecnologías de la información y las comunicaciones

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
72152.002	Ayudante empalmador de cables	PEEL		
72152.003	Chequeador de línea de hidrocarburos	PEEL		
72152.004	Empalmador de cables eléctricos de sistemas de energía	PEEL		
72152.005	Empalmador de cables y cuerdas	PEEL		
72152.006	Empalmador de cables y sistemas de energía eléctrica	PEEL		
72152.007	Empalmador de redes eléctricas	PEEL		
72152.008	Instalador de cables de sistema energía eléctrica	PEEL		
72152.009	Instalador de cables subterráneos de sistemas de energía eléctrica	PEEL		
72152.010	Instalador de cables subterráneos de transporte de corriente eléctrica	PEEL		
72152.011	Instalador de líneas de energía eléctrica de tendido aéreo	PEEL		
72152.012	Instalador de líneas eléctricas de alta tensión	PEEL		
72152.013	Instalador de líneas eléctricas subterráneas	PEEL		
72152.014	Instalador de redes de energía eléctrica	PEEL		
72152.015	Liniero de cables eléctricos	PEEL		
72152.016	Liniero de redes de energía	PEEL		
72152.017	Liniero eléctrico	PEEL		
7411	**Electricistas de obra, residenciales y afines**	PEEL		
74111	**Electricistas de obra, residenciales y afines**	PEEL		
74111.001	Electricista	PEEL		
74111.002	Electricista de construcción	PEEL		
74111.003	Electricista de construcción residencial	PEEL		
74111.004	Electricista de escenario y estudio	PEEL		
74111.005	Electricista de escenario y plató	PEEL		
74111.006	Electricista de estación eléctrica	PEEL		
74111.007	Electricista de eventos y espectáculos	PEEL		
74111.008	Electricista de generador eléctrico	PEEL		
74111.009	Electricista de mantenimiento y construcción	PEEL		
74111.010	Electricista de obra	PEEL		
74111.011	Electricista de planta	PEEL		
74111.012	Electricista de planta de energía eléctrica	PEEL		
74111.013	Electricista de sistema de energía eléctrica	PEEL		
74111.014	Electricista de subestación eléctrica	PEEL		
74111.015	Electricista de teatro	PEEL		
74111.016	Electricista reparador de edificios	PEEL		
74111.017	Electricista residencial	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
74111.018	Eléctrico de eventos y espectáculos	PEEL		
74111.019	Operario de electricidad	PEEL		
74111.020	Operario de generador eléctrico	PEEL		
74.111.021	Reparador eléctrico de edificios	PEEL		
74112	**Ayudantes electricistas**	PEEL		
74112.001	Auxiliar eléctrico	PEEL		
74112.002	Auxiliar eléctrico de petróleo y gas	PEEL		
74112.003	Auxiliar técnico de campo de electric line	PEEL		
74112.004	Ayudante de electricidad	PEEL		
74112.005	Ayudante de electricista de construcción	PEEL		
74112.006	Ayudante electricista	PEEL		
74112.007	Ayudante electricista residencial	PEEL		
74112.008	Ayudante técnico de electricidad	PEEL		
74112.009	Ayudante técnico de electricidad de petróleo y gas	PEEL		
7412	**Mecánicos y ajustadores electricistas**	PEEL		
74121	**Electricistas industriales**	PEEL		
74121.001	Ayudante de electricista automotriz	PEEL	**X**	
74121.002	Ayudante técnico electricista en industria petrolera	PEEL		
74121.003	Electricista ajustador de centrales eléctricas de regulación e instalaciones similares	PEEL		
74121.004	Electricista ajustador o regulador de centrales eléctricas	PEEL		
74.121.005	Electricista astillero	PEEL	**X**	
74121.006	Electricista automotriz	PEEL	**X**	
74121.007	Electricista de aeronaves	PEEL	**X**	
74121.008	Electricista de buques	PEEL	**X**	
74121.009	Electricista de central de generación energía eléctrica	PEEL		
74121.010	Electricista de equipo marino	PEEL	**X**	
74121.011	Electricista de industria petrolera	PEEL		
74121.012	Electricista de mantenimiento de planta	PEEL		
74121.013	Electricista de mantenimiento redes de energía	PEEL		
74121.014	Electricista de minas	PEEL		
74121.015	Electricista de montaje y mantenimiento	PEEL		
74.121.016	Electricista de redes aéreas y subterráneas	PEEL		
74121.017	Electricista de transporte ferroviario	PEEL	**X**	
74121.018	Electricista de vehículos de motor	PEEL	**X**	
74121.019	Electricista industrial	PEEL		
74121.020	Instalador de artefactos eléctricos	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
74121.021	Mecánico ajustador de equipo distribución eléctrica	PEEL		
74121.023	Mecánico electricista automotriz	PEEL	X	
74121.024	Mecánico electricista aviones	PEEL	X	
74121.025	Mecánico electricista de aeronaves	PEEL	X	
74121.026	Reparador baterías producción en línea	PEEL		
74121.027	Reparador de baterías	PEEL		
74121.028	Reparador electricista automotor	PEEL	X	
74121.029	Reparador eléctrico automotriz	PEEL	X	
74122	**Reparadores de aparatos electrodomésticos**			
74.122.001	Ayudante reparador de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.002	Mecánico de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.003	Operario de reparación de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.004	Operario de servicio en mantenimiento de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.005	Reparador de aparatos electrodomésticos	PEEL	X	
74122.006	Reparador de aspiradoras	PEEL	X	
74122.007	Reparador de brilladoras	PEEL	X	
74.122.008	Reparador de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.009	Reparador de estufas eléctricas	PEEL	X	
74122.010	Reparador de lavadoras	PEEL	X	
74122.011	Reparador de neveras	PEEL	X	
74122.012	Reparador mecánico de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.013	Técnico de servicio de mantenimiento de electrodomésticos	PEEL	X	
74122.014	Técnico en línea blanca	PEEL	X	
74122.015	Técnico reparador de electrodomésticos	PEEL	X	
74123	**Mecánicos electricistas**	PEEL		
74123.001	Ajustador alambrador de transformadores	FAMA		X
74123.002	Ajustador de equipo de distribución eléctrica	PEEL		
74123.003	Ajustador de generadores eléctricos	PEEL		
74123.004	Ajustador ensamblador motores	PEEL		
74123.005	Bobinador	PEEL		
74123.006	Bobinador a mano de bobinas eléctricas	PEEL		
74123.007	Bobinador de transformadores	PEEL		
74123.008	Cargador baterías fabricación equipo eléctrico	PEEL		
74123.009	Electromecánico	PEEL		
74123.010	Electromecánico de máquinas inyectoras	PEEL	X	
74123.011	Escaneador equipo inalámbrico	PEEL	X	

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
74123.012	Mecánico de mantenimiento de ascensores	PEEL	X	
74123.013	Mecánico de máquinas eléctricas	PEEL		
74123.014	Mecánico de reparación de plantas eléctricas	PEEL		
74123.015	Mecánico electricista	PEEL		
74123.016	Mecánico electricista de dínamos	PEEL		
74123.017	Mecánico eléctrico	PEEL		
74123.018	Operario de mantenimiento de ascensores	PEEL		
74123.019	Reparador bobinador de motores industriales	PEEL	X	
74.123.020	Reparador de aparatos eléctricos	PEEL	X	
74123.021	Reparador de escaleras automáticas	PEEL	X	
74123.022	Reparador de instrumentos eléctricos	PEEL		
74123.023	Reparador de motores eléctricos	PEEL		
74123.024	Reparador de transformadores	PEEL		
74123.026	Técnico en reparación de plantas eléctricas	PEEL		
74123.027	Transcribista de campo de hidrocarburos	PEEL	X	
7413	**Instaladores y reparadores de líneas eléctricas**	PEEL		
74130	**Instaladores y reparadores de líneas eléctricas**	PEEL		
74130.001	Empalmador de cables eléctricos	PEEL		
74130.002	Instalador de cables de tracción de vehículos eléctricos	PEEL	X	
74130.003	Instalador de líneas de energía eléctrica	PEEL		
74130.004	Instalador de líneas eléctricas de tracción	PEEL	X	
74130.005	Liniero de redes	PEEL		
74130.006	Montador de líneas de energía eléctrica	PEEL		
74130.007	Reparacables eléctrico	PEEL		
74130.008	Reparador de cable de sistema de energía eléctrica	PEEL		
74130.009	Reparador de líneas de energía eléctrica	PEEL		
74223.004	Operario de mantenimiento de televisión por cable	PEEL	X	
7543	**Clasificadores y probadores de productos (excluyendo alimentos y bebidas)**			
75439	**Clasificadores y probadores de productos (excluyendo alimentos y bebidas) no clasificados en otras ocupaciones**			
75.439.007	Inspector control de calidad bombillas eléctricas	PEEL	X	
75439.013	Inspector de calidad de productos eléctricos	PEEL		
75439.025	Inspector de productos eléctricos	PEEL		
75439.029	Inspector probador de motores eléctricos	PEEL		
75439.030	Inspector probador de producción en línea de aparatos eléctricos	PEEL	X	

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
75439.031	Inspector producción en línea aparatos eléctricos	PEEL	X	
81899.017	Operador de planta auxiliar generación de eléctrica	PEEL		
8212	**Ensambladores de equipos eléctricos y electrónicos**	PEEL		
82122	**Ensambladores de aparatos y equipo eléctrico**	PEEL		
82122.001	Ensamblador de accesorios eléctricos	PEEL	X	
82122.002	Ensamblador de aparatos eléctricos	PEEL	X	
82122.003	Ensamblador de armaduras de bobina	PEEL	X	
82122.004	Ensamblador de bujías	PEEL	X	
82122.005	Ensamblador de componentes eléctricos	PEEL	X	
82122.007	Ensamblador de electrodomésticos	PEEL	X	
82122.010	Ensamblador de equipos eléctricos	PEEL	X	
82122.013	Ensamblador de interruptores	PEEL	X	
82122.014	Ensamblador de lámparas eléctricas	PEEL	X	
82122.015	Ensamblador de lavadoras	PEEL	X	
82122.016	Ensamblador de máquina bobinadora	PEEL	X	
82122.017	Ensamblador de maquinaria eléctrica	PEEL	X	
82122.018	Ensamblador de neveras	PEEL	X	
82122.019	Ensamblador de producción de equipo eléctrico	PEEL	X	
82122.020	Ensamblador de prótesis auditivas	PEEL	X	
82122.024	Ensamblador de teléfonos	PEEL	X	
82122.028	Fabricante interruptores	PEEL	X	
82122.031	Montador equipos eléctricos fabricación eléctrica	PEEL	X	
82122.034	Operador de máquina de fabricación de equipo eléctrico	PEEL	X	
82123	**Ensambladores de transformadores y motores eléctricos industriales**	PEEL		
82123.001	Ensamblador alambrador de motores y generadores	PEEL		
82123.002	Ensamblador bobinador de motores y generadores	PEEL		
82123.003	Ensamblador de equipo eléctrico industrial	PEEL		
82123.004	Ensamblador de equipos de control eléctrico	PEEL		
82123.005	Ensamblador de motores eléctricos	PEEL		
82123.007	Ensamblador de transformadores de generación de energía eléctrica	PEEL		
82123.008	Ensamblador de transformadores y motores eléctricos industriales	PEEL		
82123.009	Ensamblador transformadores	PEEL		
82123.010	Operador de máquina bobinadora de rotores	PEEL		
82123.011	Operador de máquina bobinadora de transformadores	PEEL		

Índice numérico CUOC	Denominaciones ocupación CUOC	AC Origen	No hace parte del AC PEEL, debe pasar a otra AC	Son de otra AC, se incluyen en el AC PEEL
82124	**Operadores de máquinas para la fabricación de productos y componentes eléctricos**	PEEL		
82124.001	Operador de máquina de cargado en seco de baterías	PEEL		
82124.002	Operador de máquina de fabricación de aparatos eléctricos	PEEL		
82124.003	Operador de máquina de fabricación de bombillos	PEEL	**X**	
82124.004	Operador de máquina de fabricación de componentes eléctricos	PEEL		
82124.005	Operador de máquina ensamble pequeños motores eléctricos	PEEL		
82124.006	Operador de máquina fabricación artículos eléctricos	PEEL		
82124.007	Operador de máquina selladora fabricación componentes eléctricos	PEEL		

Fuente: elaboración propia a partir de la CUOC 2024.

Teniendo en cuenta la Tabla 3, se identifican en la CUOC 2024 **19 códigos de ocupaciones relacionados directamente con el área de cualificación PEEL**, con 250 denominaciones de cargos propias del sector y con 20 denominaciones de cargos de las áreas de cualificación ELCA – Electrónica y Automatización y FAMA - Fabricación, transformación de materiales, instalación, mantenimiento y reparación, para un total de 270 denominaciones de cargos que aportan valor a los procesos y subprocesos propios del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos.

La dinámica actual del sector eléctrico, marcada por la descarbonización, descentralización y digitalización, ha impulsado la aparición de nuevas ocupaciones específicas que aún no se encuentran plenamente reflejadas en las clasificaciones tradicionales. Entre ellas destacan, por ejemplo, técnicos instaladores de paneles solares fotovoltaicos, operadores de microrredes, gestores comunitarios de energía, técnicos en almacenamiento energético, operadores de vehículos eléctricos, y analistas de ciberseguridad en sistemas energéticos. Estas ocupaciones emergentes demandan nuevas combinaciones de competencias técnicas, digitales, ambientales y sociales, lo cual plantea la necesidad de actualizar los catálogos ocupacionales y de cualificaciones. Su

identificación y validación será clave para anticipar tendencias y diseñar rutas de cualificación alineadas con el futuro del sector.

En el proceso de delimitación del área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), y considerando la creciente integración de tecnologías como la electrónica de potencia, la automatización de procesos, la digitalización de redes y el desarrollo de soluciones basadas en tecnologías de la información, resulta fundamental precisar los límites y alcances del área para garantizar su coherencia interna y evitar solapamientos con otras áreas de cualificación como Electrónica y Automatización (ELCA) o Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICO). Si bien el sector eléctrico incorpora progresivamente conocimientos y funciones provenientes de estas otras áreas, la delimitación del área PEEL se fortalece cuando se fundamenta en criterios disciplinares, es decir, en los marcos teóricos y científicos que dan sustento a su campo de acción.

En este sentido, la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación Campos de Educación y Formación (CINE-F 2013), adaptada para Colombia, en su campo detallado 0713 – Electricidad y Energía, proporciona el marco de referencia internacional que respalda esta delimitación. Dicho campo abarca los programas formativos relacionados con la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como el diseño, construcción, mantenimiento y operación de instalaciones y equipos eléctricos, incluyendo aspectos de eficiencia energética y sostenibilidad. Con base en este marco disciplinar, la ingeniería eléctrica y los sistemas energéticos constituyen los ejes centrales del área PEEL, al aportar los principios físicos, técnicos y operativos para la gestión integral de la cadena de valor del sector eléctrico. Estos principios comprenden los fundamentos físicos del electromagnetismo, las leyes de generación y conservación de la energía, y los conceptos de corriente, tensión, potencia y resistencia, que sustentan el funcionamiento de los sistemas eléctricos. En el plano técnico, abarcan el diseño, dimensionamiento y análisis de sistemas de generación de electricidad, redes eléctricas, la selección y operación de equipos como transformadores, interruptores, sistemas de protección y control, así como el uso eficiente de la energía y la integración de fuentes renovables. En cuanto a los aspectos operativos, se incluyen los procedimientos para la

instalación, mantenimiento preventivo y correctivo, monitoreo en tiempo real, gestión de fallas y coordinación de sistemas eléctricos interconectados.

Asimismo, los procesos de planeación y regulación energética constituyen componentes conceptuales necesarios para comprender la expansión del sector, las dinámicas del mercado eléctrico, los modelos tarifarios, los incentivos a la transición energética y la creciente participación del usuario final. Por su parte, la ciencia de datos aplicada a redes eléctricas y eficiencia operativa actúa como un soporte para la toma de decisiones basada en información, la gestión predictiva, la automatización y la operación inteligente y segura del sistema.

Aunque la electrónica, las TIC y la ciencia de datos cumplen un rol creciente en la integración de fuentes renovables de energía y la digitalización del sector eléctrico, estas funciones se entienden como componentes de soporte tecnológico, no como parte del núcleo disciplinar del área PEEL. Esta mantiene su foco en la infraestructura física de generación y suministro de electricidad, y la operación segura y eficiente del sistema eléctrico.

Estos criterios disciplinares, alineados con estándares internacionales, permiten delimitar con mayor precisión el campo de cualificación PEEL frente a otras áreas técnicas con las que interactúa, al tiempo que brindan solidez metodológica para el diseño de cualificaciones pertinentes, integradas y adaptadas a los desafíos actuales y futuros del sector eléctrico colombiano.

2. CADENA DE VALOR

Esta sección presenta la determinación de la cadena de valor del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos partiendo de la revisión de cadenas de valor reconocidas para el sector y el análisis de las dinámicas que surgen de las nuevas realidades como la transición energética y comunidades energéticas, entre otras.

2.1. Conceptualización de la cadena de valor.

Se define como el conjunto de actividades o procesos interrelacionados por eslabones, que se realizan para entregar un producto o servicio final al mercado, agregando valor en cada etapa. Representa un sistema de eslabones interdependientes que, a través de la colaboración estratégica, añaden valor al producto o servicio en cada etapa del proceso productivo, influyendo en las subsiguientes actividades. (Marco Nacional de Cualificaciones (MNC), 2024)

En este sentido, la identificación y validación de la cadena de valor es un insumo indispensable para el diseño de las cualificaciones y el desarrollo de la etapa C "Análisis ocupacional y funcional" de la ruta metodológica del MNC.

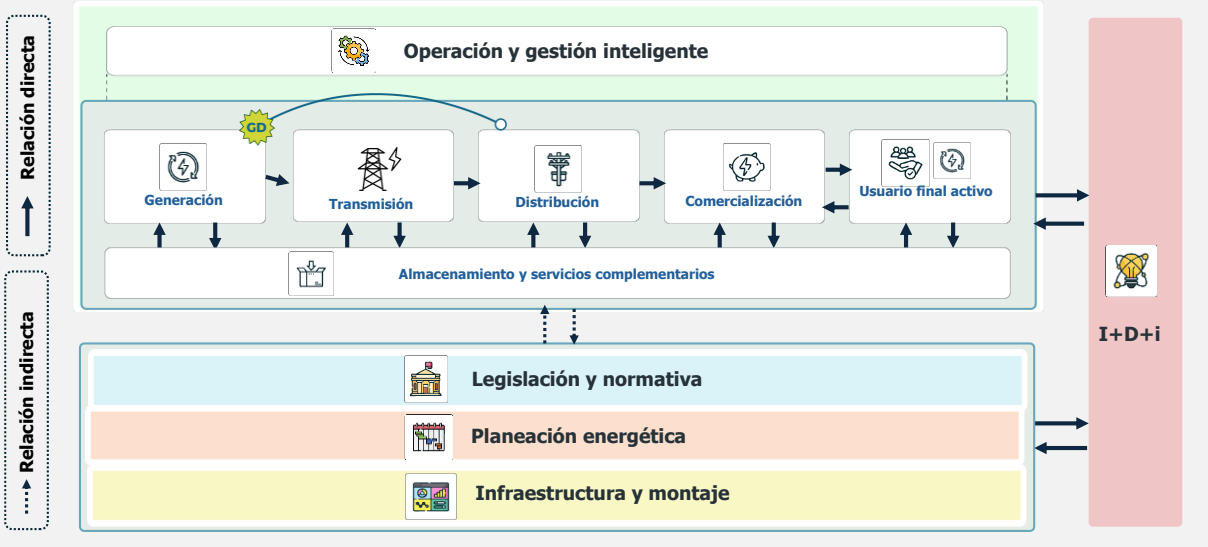
2.2. Esquematización de la cadena de valor y descripción de sus eslabones, procesos y subprocesos.

Se presentan los eslabones, procesos y subprocesos de la cadena de valor del sector de energía eléctrica y servicios conexos asociado al área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), a partir del análisis desarrollado durante el diseño del catálogo de cualificaciones para el área de Electricidad y Electrónica (ELA) del año 2021, y considerando los elementos de descarbonización, descentralización y digitalización que implica la transformación actual del sector.

Para la propuesta además se tiene en cuenta la descripción del AC, que integra:

- Los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a partir de fuentes convencionales y no convencionales de energía.
- La fabricación, ensamble, instalación, ensayo, diagnóstico, mantenimiento o reparación de equipos y componentes eléctricos utilizados en los procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica.
- La asesoría y orientación sobre la operación, mantenimiento, reparación y los aspectos tecnológicos de los materiales, productos y procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica (Figura 2).

Figura 2. Eslabones de la cadena de valor del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos.



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Generación.

La generación de energía eléctrica es el primer eslabón de la cadena de valor del sector asociado al área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad PEEL, y consiste en convertir diversas formas de energía primaria en electricidad. Este proceso es fundamental para el suministro de energía en todo el sistema eléctrico, y se realiza en centrales generadoras a gran escala. El funcionamiento básico de la generación de energía eléctrica se basa en el principio de la inducción electromagnética, descubierto por Michael Faraday en 1831 (Fitzgerald, 2003). Este principio establece que un campo magnético en movimiento puede inducir una corriente eléctrica en un conductor. En la

mayoría de las centrales generadoras, una fuente de energía primaria (como el calor, el agua o el viento) se utiliza para mover un generador, que convierte esa energía mecánica en electricidad. El generador está compuesto por un rotor (un componente móvil) y un estator (un componente fijo), y a medida que el rotor gira, genera electricidad (Energy Information Administration, 2025).

En cuanto a las fuentes de energía utilizadas, la generación eléctrica puede clasificarse en varias tecnologías. Las plantas hidroeléctricas aprovechan el movimiento del agua, normalmente retenida en un embalse, para hacer girar turbinas conectadas a generadores. El agua almacenada en un nivel elevado fluye hacia abajo a través de las turbinas, lo que convierte la energía cinética del agua en energía mecánica y, posteriormente, en electricidad (Ingfocol Ltda).

Por otro lado, las centrales termoeléctricas convierten la energía calorífica, generada por la combustión de combustibles fósiles como el carbón, gas natural o derivados del petróleo, en energía mecánica, que posteriormente se transforma en electricidad. El proceso comienza con la quema del combustible en una caldera, donde el calor generado convierte el agua en vapor a alta presión. Este vapor se dirige hacia una turbina, compuesta por palas que giran al ser impulsadas por el vapor, transformando la energía térmica en energía mecánica. La turbina está conectada a un alternador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica mediante la rotación de un campo magnético. Para asegurar la eficiencia y el funcionamiento continuo de la planta, se utiliza un sistema de refrigeración que enfría el vapor residual con agua de ríos o mares, y un sistema de tratamiento de agua que elimina impurezas para proteger los componentes de la planta (Instituto Catalán de Energía, s.f.).

Las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) han cobrado relevancia debido a su sostenibilidad y capacidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas incluyen tecnologías como la energía solar, que convierte la luz solar en electricidad mediante paneles fotovoltaicos; la energía eólica, que utiliza aerogeneradores accionados por el viento para generar electricidad; y la energía geotérmica, que extrae el calor del subsuelo terrestre para producir vapor y mover

turbinas. Adicionalmente, las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) generan energía eléctrica a pequeña escala utilizando corrientes de agua naturales y artificiales, mientras que la energía mareomotriz utiliza las mareas y corrientes marinas para generar electricidad. La energía a partir de residuos transforma materiales orgánicos en electricidad a través de procesos de combustión o digestión anaerobia, ayudando a reducir el volumen de desechos y generando energía de manera eficiente. Estas fuentes, además de ser limpias y renovables, permiten diversificar la matriz energética de Colombia, disminuyendo su dependencia de combustibles fósiles y promoviendo la transición hacia un sistema energético más sostenible y resiliente (Ministerio de Minas y Energía, s.f.)

2.2.1.1. Procesos y subprocesos para la generación de energía eléctrica.

- Proceso: adquisición y gestión de recursos energéticos. Esto incluye el abastecimiento, transporte, almacenamiento y procesamiento de combustibles fósiles tradicionales (carbón, gas natural, petróleo) y la gestión de fuentes de energía renovables (almacenamiento de agua para embalses hidroeléctricos, abastecimiento de biomasa, captura de energía solar y eólica). También aborda la gestión de la intermitencia de la energía solar y eólica mediante la exploración de soluciones de almacenamiento como el hidrógeno verde o plantas hidroeléctricas de bombeo.
- Proceso: conversión de energía. Abarca la generación de energía eléctrica a través de diversas tecnologías de transformación electromecánica o electroquímica, incluyendo paneles solares fotovoltaicos, aerogeneradores o turbinas eólicas, unidades de generación hidroeléctrica, plantas geotérmicas, combustión de biomasa y biogás, combustión de recursos fósiles (puede incluir captura y almacenamiento de carbono), y otras tecnologías emergentes. Se priorizan las tecnologías de transformación más eficientes y con menores emisiones de carbono.

- Proceso: elevación del nivel de tensión/acondicionamiento de la energía eléctrica para su transmisión. Para fuentes de generación de corriente continua (CC), como la solar fotovoltaica, este subproceso incluye la inversión de CC a corriente alterna (CA) utilizando inversores para transmisión en redes de CA. Para todas las fuentes de generación, este subproceso también incluye la elevación de la tensión a niveles adecuados para la transmisión eficiente a largas distancias, utilizando transformadores y subestaciones elevadoras.
- Proceso: operación y mantenimiento de equipos. Monitoreo y control de equipos (turbinas, generadores, transformadores, paneles solares, etc.) utilizando sensores, análisis de datos y mantenimiento predictivo. Implica la optimización del rendimiento y la confiabilidad tanto de activos tradicionales como de energías renovables no convencionales.
- Proceso: Medición y verificación. Cumplimiento de estándares de seguridad, cuidado del medio ambiente y medición de energía entregada al sistema de transmisión. Gestión de emisiones de carbono, residuos e impacto ambiental de la infraestructura de generación. Cumplimiento de regulaciones ambientales y minimización o compensación del impacto de todas las fuentes de energía.

2.2.2. Transmisión.

Este segundo eslabón se refiere al transporte de electricidad generada desde las plantas de generación hasta las subestaciones, donde luego será distribuida a los consumidores finales. Este proceso es fundamental para garantizar que la electricidad pueda recorrer grandes distancias de manera eficiente y con mínimas pérdidas de energía. Para lograrlo, se utilizan líneas de alta tensión que permiten transportar la electricidad a miles de kilómetros, elevando el voltaje mediante transformadores elevadores en las plantas de generación.

El voltaje elevado minimiza las pérdidas por resistencia durante el transporte. La electricidad se transmite principalmente en corriente alterna (AC) a través de redes aéreas, sostenidas por torres de transmisión. En algunos casos, especialmente en zonas

urbanas o donde el impacto ambiental es una preocupación, se utilizan líneas subterráneas. A medida que la electricidad llega a las subestaciones de transmisión, se emplean transformadores reductores que disminuyen el voltaje para que pueda ser distribuida de manera segura a través de redes de distribución de menor voltaje, aptas para el uso final en hogares, industrias y comercios.

2.2.2.1. Procesos y subprocesos para la transmisión de energía eléctrica.

- Proceso: gestión de la infraestructura de la red de transmisión. Operación y mantenimiento de líneas de transmisión de alta tensión en CA, subestaciones, transformadores, compensadores de potencia reactiva (condensadores, reactores), y otros componentes de la red. Incluye la implementación de tecnologías de redes de transmisión de alta tensión en CC (HVDC, por sus siglas en inglés), y redes inteligentes para el monitoreo y control en tiempo real.
- Proceso: control del flujo de energía en alta y media tensión. Gestión del flujo de energía, tensión, estabilidad de la red y medición de energía recibida de los generadores versus energía entregada al distribuidor. Comprende la integración de recursos energéticos distribuidos (DER, por sus siglas en ingles), como sistemas de almacenamiento a gran escala, y gestión del flujo bidireccional de energía.
- Proceso: mantenimiento y confiabilidad. Mantenimiento (predictivo y reactivo) de la infraestructura de transmisión, detección automática de fallas y restauración remota para mejorar la resiliencia de la red.
- Proceso: expansión y planificación de la red. Planificación del crecimiento y desarrollo de la red eléctrica, y construcción de nueva infraestructura, considerando la integración de DER, la gestión y el almacenamiento de energía. Incluye el uso de análisis avanzados para la previsión y optimización de la red.
    - Subproceso: planificación de la red.
    - Subproceso: expansión de la red.

2.2.3. Distribución.

El eslabón de distribución de energía eléctrica es la etapa que conecta las subestaciones con los usuarios finales, asegurando que la electricidad llegue a hogares, comercios e industrias. Después de que la electricidad ha sido transmitida a larga distancia y transformada en niveles más bajos de voltaje, el sistema de distribución la entrega de manera segura y eficiente. Este proceso involucra redes de media y baja tensión, donde los transformadores locales ajustan el voltaje a niveles adecuados para el consumo cotidiano.

Las líneas de media tensión distribuyen la energía desde las subestaciones a transformadores locales en áreas urbanas y rurales, donde se reduce aún más el voltaje para su uso final. A partir de los transformadores locales, las líneas de baja tensión llevan la electricidad directamente a los hogares y negocios. El sistema puede incluir tanto líneas aéreas como subterráneas, dependiendo de las características del área. Las áreas rurales suelen depender de líneas aéreas, mientras que las zonas urbanas densamente pobladas pueden utilizar más infraestructura subterránea.

El eslabón de distribución no solo abarca la entrega física de la electricidad, sino también el control y monitoreo del flujo de energía para asegurar su disponibilidad continua y de calidad. Para lograr esto, se utilizan medidores inteligentes, sistemas de control automatizados y una constante vigilancia para evitar fallos o sobrecargas en la red. Además, en la distribución se gestiona la demanda de electricidad de acuerdo con los patrones de consumo, ajustando la oferta según la variación del uso energético a lo largo del día.

A diferencia del eslabón de transmisión, que se enfoca en transportar la electricidad a larga distancia, el eslabón de distribución es responsable de llevar la electricidad a los consumidores de manera local, garantizando que el suministro esté disponible en el momento y lugar adecuados, con los niveles de seguridad necesarios para su uso.

2.2.3.1. Procesos y subprocesos para la distribución de energía eléctrica

- Proceso: operación de la red de distribución. Gestión de las redes de distribución, incluyendo líneas de media tensión aéreas y subterráneas, transformadores para adecuación de energía, redes de baja tensión, y otros equipos. Incluye el uso de contadores inteligentes y sistemas avanzados de gestión de la distribución.
- Proceso: control del flujo de energía. Gestión del flujo de energía, tensión, estabilidad de la red y medición de energía recibida de los transmisores versus energía entregada al usuario final. Comprende la integración de recursos energéticos distribuidos (DER, por sus siglas en ingles), como sistemas de almacenamiento, y gestión del flujo bidireccional de energía.
- Proceso: mantenimiento y servicio de red de distribución. Mantenimiento de la red de distribución, gestión de interrupciones (predictivo y reactivo), respuestas de emergencia, detección automática de fallas y restauración remota.
- Proceso: conexión de usuario final. Abarca la conexión de los usuarios finales a la red de distribución. Incluye:
    - Habilitación de usuarios finales activos que generan electricidad a nivel local a partir de conexiones de DER, como plantas solares fotovoltaicas y aerogeneradores a pequeña escala.
    - Gestión eficiente y flexible de la demanda de energía con estrategias que incentiven a los usuarios a ajustar su consumo de electricidad en respuesta a señales de precios o incentivos.
    - Instalación y mantenimiento de medidores unidireccionales que registran el consumo de energía eléctrica de la red al usuario, y medidores bidireccionales que registran el flujo de energía de la red al

usuario y del usuario a la red, así como medidores inteligentes que proporcionan información detallada sobre el consumo de energía.

2.2.4. Comercialización.

El eslabón de comercialización de energía eléctrica en Colombia es una parte fundamental del sistema eléctrico, ya que es el encargado de gestionar la relación entre los generadores de energía y los consumidores finales, tanto residenciales como industriales. Este proceso incluye la compra de energía a los generadores a través del mercado mayorista de energía o mediante contratos bilaterales y su posterior venta a los usuarios finales. Las empresas comercializadoras son responsables de este proceso, asegurando que el suministro eléctrico sea continuo y que los consumidores tengan acceso a la energía de manera confiable y eficiente.

En Colombia, la comercialización está regulada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), que establece las tarifas y reglas para el mercado regulado, donde los usuarios residenciales y pequeños comercios reciben tarifas controladas. En el caso de los grandes consumidores industriales, que pueden acceder al mercado no regulado, tienen la opción de negociar precios directamente con las comercializadoras. Este mercado no regulado permite una mayor flexibilidad en la fijación de tarifas, permitiendo a las empresas grandes optar por contratos personalizados según sus necesidades energéticas.

El proceso de comercialización incluye varias actividades clave: la medición del consumo energético a través de medidores inteligentes, la facturación mensual a los usuarios basada en el consumo registrado, y la gestión de contratos que permiten a los consumidores acceder al suministro de electricidad bajo diferentes condiciones tarifarias. Las comercializadoras también ofrecen servicios de atención al cliente para resolver problemas relacionados con el suministro, aclarar dudas sobre facturación y ofrecer programas de eficiencia energética, incentivando un uso más racional y sostenible de la electricidad.

En el mercado regulado, las tarifas son actualizadas periódicamente según las regulaciones de la CREG, reflejando las variaciones en los costos de generación, transmisión y distribución de energía, así como las condiciones del mercado. En el mercado no regulado, los grandes consumidores negocian directamente sus tarifas en función de sus niveles de consumo y las condiciones del contrato con las comercializadoras, lo que les permite optimizar costos y obtener mejores condiciones según su demanda energética.

Este eslabón también es clave en la promoción de programas de eficiencia energética, que buscan reducir el consumo innecesario de energía, promover el uso de energías renovables, y cumplir con los objetivos de sostenibilidad establecidos por el gobierno. Además, las comercializadoras juegan un papel fundamental en la integración de nuevas tecnologías, como los medidores inteligentes y la automatización del proceso de facturación y control del consumo energético.

2.2.4.1. Procesos y subprocesos para la comercialización de energía eléctrica

- Proceso: adquisición de energía. Compra de electricidad a generadores o comercializadores mayoristas por contratos, o en el mercado mayorista por precio en bolsa. Gestión de garantías.
- Proceso: cálculo de tarifas. Establecimiento de tarifas (fijas, variables, según la hora de uso) y diseño de incentivos para la eficiencia energética, respuesta a la demanda y consumo flexible de energía eléctrica.
- Proceso: ventas de energía. Venta de electricidad a usuarios regulados (residenciales y pequeñas empresas) bajo tarifas y condiciones establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), y a usuarios no regulados (grandes consumidores industriales o comerciales) bajo contratos negociados libremente en el mercado no regulado.
- Proceso: recaudo. Incluye la gestión de los pagos de los clientes.

- Proceso: manejo de información y reportes obligatorios a los diferentes actores del mercado.

2.2.5. Usuario final activo.

El modelo lineal tradicional del sector de la energía eléctrica (generación-transmisión-distribución-comercialización-uso final) está experimentando actualmente una transformación fundamental. El auge de los recursos energéticos distribuidos, las tecnologías de redes inteligentes, y la respuesta a la demanda hace necesaria la inclusión del "Usuario final activo" como un eslabón distinto y esencial de la cadena de valor.

La integración del "Usuario final activo" como eslabón en la cadena de valor se justifica en los siguientes puntos:

- Descentralización: los prosumidores (consumidores finales que también son productores de energía eléctrica) son cada vez más frecuentes debido a la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica en tejados, energía eólica de pequeña potencia y otros sistemas de micro generación.
- Flexibilidad de la red: los usuarios activos contribuyen a la estabilidad de la red mediante la respuesta a la demanda (modulación de consumo en respuesta a los picos de demanda), flexibilidad de la demanda (modulación del consumo para ajustarse a las horas de alta generación de energía eléctrica con fuentes renovables), y el almacenamiento de energía.
- Mayor eficiencia: la gestión inteligente de la energía eléctrica optimiza el consumo y reduce los desperdicios.
- Participación en el mercado: los usuarios activos pueden participar en los mercados de energía eléctrica, proporcionando servicios auxiliares o a través del comercio de energía eléctrica entre usuarios finales (P2P).
- Empoderamiento de los consumidores: el acceso a los datos de consumo y su control habilita a los consumidores para tomar decisiones energéticas informadas.

2.2.5.1. Procesos y subprocesos para el usuario final activo

- Proceso: gestión de la demanda.

        - Subproceso: optimización del consumo de energía. Monitoreo y reducción del consumo de electricidad y sus costos asociados, a través del uso de tecnologías de automatización y gestión eficiente. Involucra también el desplazamiento del consumo a periodos valle, a periodos de alta generación con fuentes renovables de energía, o en respuesta a señales de la red.
        - Subproceso: gestión de la demanda de potencia máxima en picos de consumo.
    - Proceso: operación y mantenimiento. Operación, limpieza, mantenimiento y conservación de los activos de generación eléctrica y gestión de la demanda.
    - Proceso: generación, venta de energía y nuevos negocios.
        - Subproceso: generación local de energía eléctrica con el uso de fuentes renovables, de forma individual o en grupos de usuarios a través de comunidades energéticas organizadas.
        - Subproceso: venta de energía eléctrica con la implementación de medidores inteligentes que registran de forma detallada tanto el consumo como el envío de energía a la red por parte del prosumidor.
        - Subproceso: nuevos negocios. Participación del usuario en los mercados energéticos a través de centrales eléctricas virtuales (VPP, por sus siglas en inglés), comercialización directa de energía eléctrica entre usuarios finales con el uso tecnologías como el Blockchain, y servicios auxiliares.

La integración del "Usuario final activo" como eslabón en la cadena de valor del sector de la energía eléctrica es esencial para crear sistemas más dinámicos y eficientes, y para asegurar un futuro energético sostenible y resiliente. Para la adecuada integración de este eslabón se requiere una normativa de apoyo congruente, además de una infraestructura de red inteligente y sus estándares de operabilidad. Adicionalmente, la

educación y capacitación de los consumidores finales en su participación como usuarios activos en los procesos de generación y gestión de la energía eléctrica son cruciales.

2.2.6. Procesos transversales.

En adición a los procesos descritos en los diferentes eslabones de la cadena de valor presentada, el sector de energía eléctrica relaciona las actividades enmarcadas en procesos transversales de: soporte normativo, planeación, almacenamiento y servicios complementarios, investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), infraestructura y montaje eléctrico, así como de operación y gestión inteligente, los cuales aportan al desarrollo todos los procesos y actividades de los eslabones de la cadena de valor.

2.2.6.1. Legislación y normativa

El marco regulatorio del sector eléctrico en Colombia está definido por un conjunto de leyes y regulaciones diseñadas para garantizar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad del sistema energético. Entre las normativas más relevantes se encuentran:

- Leyes principales
    - Ley 142 de 1994: regula los servicios públicos domiciliarios, estableciendo las condiciones para la participación del sector privado y la competencia en el mercado eléctrico.
    - Ley 143 de 1994: define el régimen para la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en Colombia, promoviendo la expansión y modernización del sistema eléctrico.
    - Ley 1715 de 2014: incentiva el uso de fuentes no convencionales de energía renovable y eficiencia energética, facilitando la integración de estas tecnologías al mercado.
    - Ley 2099 de 2021: moderniza el marco de transición energética, ampliando incentivos para la generación distribuida y el almacenamiento de energía.
- Regulación y entidades claves
    - Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG): define las reglas del mercado y tarifas del servicio eléctrico.

- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME): responsable de la planificación a largo plazo del sector.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: vigilancia y control de los actores de la cadena.
- Ministerio de Minas y Energía: encargado de la formulación de políticas energéticas nacionales.

- Impacto en la formación laboral

El desarrollo normativo ha impulsado la actualización de programas educativos y técnicos, enfocándose en energías renovables, automatización y digitalización del sector.

Procesos y subprocesos de la regulación:

- Proceso: regulación y diseño tarifario. Se enfoca en establecer las condiciones y metodologías para la determinación de tarifas y precios en el sector eléctrico, asegurando eficiencia y equidad. Incluye:
  - Establecer fórmulas para calcular las tarifas que se cobran a los usuarios finales y especificar cómo debe venderse la energía a estos.
  - Indicar las tarifas para la transmisión de energía, es decir, para el despacho de esta.
  - Exigir que en los contratos se especifiquen precios y tarifas.
  - Dar criterios para la eficiencia y calidad del servicio, para la unidad de medida y tiempo que se va a usar al cobrar al usuario final.
  - Especificar cuándo un usuario se considera no regulado.
- Proceso: promoción de la competencia y supervisión del mercado. Busca fomentar la competencia en el sector eléctrico y supervisar las actividades de los agentes para prevenir prácticas anticompetitivas y garantizar un servicio eficiente. Incluye:
  - Ordenar la división de las empresas cuando estas restrinjan una competencia limpia.

- Ordenar la fusión de las empresas cuando se demuestre que es indispensable para extender la cobertura, abaratar los precios y mejorar la calidad del servicio.
- Liquidar empresas oficiales que sean monopolios para otorgar la actividad a terceros cuando el servicio no sea eficiente.
- Resolver conflictos que existan entre los contratos de las empresas de servicios públicos.
- Controlar actividades para asegurar la disponibilidad de la energía, capaz de abastecer la demanda.
- Propiciar la competencia en el sector de minas y energía.

- Proceso: protección al usuario y calidad del servicio. Se centra en defender los derechos de los usuarios y asegurar la calidad y continuidad del servicio eléctrico. Incluye:
  - Defender los derechos de los usuarios en cuanto a facturación, comercialización o cualquier ámbito relacionado con el usuario y la empresa de servicios públicos.
  - Establecer criterios para el diseño, normalización y uso eficiente de la energía eléctrica.
  - Indicar a las empresas a qué usuarios deben brindar el servicio y en qué región deben operar.
- Proceso: asesoría, normativa y coordinación institucional. Abarca la formulación de recomendaciones, la elaboración de proyectos normativos y la coordinación con otras entidades para el desarrollo del sector eléctrico. Incluye:
  - Preparar proyectos para el gobierno colombiano y hacer recomendaciones al mismo.
  - Someter sus estatutos a la aprobación del Gobierno Nacional.

- Indicar los requisitos para que las empresas puedan usar las redes eléctricas.
- Pedir al superintendente que adelante investigaciones e imponga sanciones cuando las condiciones lo ameriten.

2.2.6.2. Planeación energética.

La planificación del sistema eléctrico es un proceso estructurado que permite garantizar la seguridad energética y el desarrollo sostenible del sector. En Colombia, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) es la entidad encargada de elaborar planes de expansión, incorporando energías renovables y mejoras en la infraestructura.

Procesos y subprocesos de la planeación energética:

- Proceso: planeación y prospectiva energética. Se enfoca en prever, estructurar y diseñar el desarrollo futuro del sector eléctrico. Incluye:
  - Requerimientos minero-energéticos
  - Planificación de alternativas para la satisfacción de requerimientos
  - Planes nacionales de desarrollo energético y expansión del sector eléctrico
  - Diagnóstico y planificación para el fortalecimiento del sector energético sostenible
  - Participación en la formulación del Plan Nacional de Desarrollo
- Proceso: evaluación técnica, económica y ambiental. Encargado de analizar la viabilidad y sostenibilidad de proyectos, tecnologías y decisiones en el sector eléctrico. Incluye:
  - Análisis económicos del sector energético
  - Evaluación de fuentes renovables y no convencionales de energía
  - Evaluación de proyectos del sector energético

        - Evaluación de impactos ambientales del sector
        - Gestión de riesgos en el sector energético
    - Proceso: formulación de política pública y análisis de regulación. Orientado a formular insumos técnicos, normativos y estratégicos al Ministerio de Minas y Energía y otras entidades del sector. Incluye:
        - Formulación de políticas para el desarrollo energético
        - Asesoría técnica al Ministerio de Minas y Energía
        - Coordinación con entidades del sector
        - Prestación de servicios técnicos de planeación y asesoría
        - Fomento de la investigación y desarrollo tecnológico
        - Apoyo a la transición energética justa
    - Proceso: información, seguimiento y mejora continua. Dedicado a recopilar, sistematizar, divulgar y utilizar información estratégica para monitorear el desempeño del sector eléctrico. Incluye:
        - Elaboración de estudios y proyectos de inversión
        - Establecimiento de indicadores de gestión sectorial
        - Desarrollo de sistemas de información sectorial
        - Divulgación de información sectorial
        - Promoción de la eficiencia energética

2.2.6.3. Almacenamiento y servicios complementarios

El almacenamiento de energía desempeña un papel clave en la estabilidad del sistema eléctrico, especialmente con la incorporación de fuentes renovables intermitentes como la solar y la eólica.

- Tecnologías de almacenamiento:

- En baterías de iones de litio y otras tecnologías (BESS, por sus siglas en inglés). Permiten almacenar electricidad durante los períodos de mayor generación y liberarla cuando la demanda es alta.
- Almacenamiento en embalses. Captura el excedente de excedentes de generación, generalmente solar para reabastecimiento de embalses.
- Hidrógeno verde. Conversión de electricidad en hidrógeno mediante electrólisis para su uso posterior en generación, transporte o industrias.

- Servicios complementarios:
  - Regulación de frecuencia y voltaje. Mantienen la estabilidad del sistema ante variaciones de carga.
  - Sistemas de respaldo. Uso de almacenamiento de energía para evitar interrupciones en el suministro eléctrico en momentos críticos.

Procesos y subprocesos del almacenamiento y servicios complementarios:

- Proceso: servicios de almacenamiento de energía y regulación de frecuencia y voltaje.
  - Subproceso: operación de los servicios de almacenamiento de energía y equipos asociados a la regulación de frecuencia y voltaje.
  - Subproceso: Gestión del flujo de energía, tensión, estabilidad de la red y medición de energía recibida de los sistemas BESS.
  - Subproceso: mantenimiento y servicio de los servicios de almacenamiento de energía y equipos asociados a la regulación de frecuencia y voltaje. Mantenimiento, gestión de interrupciones (predictivo y reactivo), respuestas de emergencia, detección automática de fallas y restauración remota.

2.2.6.4. Investigación, Desarrollo tecnológico e innovación I+D+i

En términos generales, el proceso de I+D+i abarca desde la generación de nuevas ideas y conocimientos hasta la aplicación práctica de los resultados evidenciados en productos, servicios o procesos mejorados, los cuales son cruciales para las empresas y la sociedad en el contexto del crecimiento económico y el avance tecnológico.

En este sentido, la actividad de I+D+i en el sector PEEL cuenta con estructuras y procesos sistemáticos, organizados de acuerdo con el modelo de gestión de cada una de las empresas pertenecientes al sector. Su misión principal consiste en la realización de actividades, proyectos de investigación (principalmente aplicada), de desarrollo tecnológico e innovación, con el objetivo de fortalecer las capacidades tecnológicas, incrementar la productividad y competitividad de la empresa. Los proyectos de investigación son el resultado de procesos creativos para la generación de conocimiento e ideas que llegan a la materialización en actividades de vigilancia tecnológica, inteligencia competitiva, transferencia de conocimiento, planeación, estructuración, ejecución y seguimiento de los proyectos de I+D+i.

Los objetivos del componente transversal son:

- Fortalecer las capacidades tecnológicas del sector PEEL e incrementar la productividad y competitividad de las empresas del sector de energía.
- Fomentar redes de cooperación para superar los obstáculos en la transición energética hacia un sector neutro en carbono, mediante herramientas que minimicen el impacto del cambio climático y mejorar la sostenibilidad.
- Orientar la inversión en el recambio tecnológico con el fin de descarbonizar los sistemas y, de esta forma, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático en el marco de la transición energética (Minenergía, 2023).

Procesos y subprocesos en Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación (I+D+i)

- Proceso: generación de datos e información.

- Subproceso: recopilación de datos e información. Implica la vigilancia tecnológica del sector eléctrico, mediante la gestión sistemática de información técnica, regulatoria y de mercado, orientada a apoyar la toma de decisiones estratégicas, identificar tendencias emergentes y anticipar cambios en el sector.
- Subproceso: sistematización y análisis de datos e información. Comprende el procesamiento y evaluación de datos recolectados para identificar oportunidades de innovación, mejoras en eficiencia energética y viabilidad de integración de energías alternativas en el marco de la transición energética.

- Proceso: generación de conocimiento.
  - Subproceso: formulación de proyectos de I+D+i. Se refiere al diseño de iniciativas orientadas a la innovación en productos y procesos del sector eléctrico, especialmente aquellos enfocados en energías alternativas, eficiencia energética, y reducción de la huella de carbono.
  - Subproceso: desarrollo e implementación de proyectos I+D+i. Consiste en la ejecución de proyectos tecnológicos y de innovación, que integren soluciones sostenibles en la cadena de valor del sector eléctrico, contribuyendo al avance de la transición energética.
- Proceso: Gestión y apropiación social del conocimiento.
  - Subproceso: promoción del conocimiento. Incluye actividades de sensibilización, formación y fortalecimiento de capacidades técnicas y tecnológicas relacionadas con la gestión de energía, innovación y sostenibilidad.
  - Subproceso: comunicación y divulgación del conocimiento. Comprende la difusión de resultados, buenas prácticas y lecciones aprendidas derivados de los proyectos de I+D+i, mediante estrategias de

comunicación que faciliten la apropiación del conocimiento en distintos niveles del sector.

También se incluyen actividades consideradas complementarias en la ejecución de los proyectos:

- Divulgación científica y/o tecnológica.
- Formación de recurso humano cuando sea necesaria para el desarrollo tecnológico o la innovación de producto.
- Creación de nuevas empresas de base tecnológica.
- Gestión de capacidades tecnológicas en el sector PEEL.

2.2.6.5. Infraestructura y montaje eléctrico

Este proceso consiste en la instalación y puesta en funcionamiento de toda la infraestructura necesaria para la transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. Este proceso permite garantizar la conectividad eficiente y segura entre las centrales generadoras y los usuarios finales, a través de sistemas robustos y bien diseñados.

El proceso de infraestructura y montaje abarca varias fases técnicas que incluyen el diseño detallado de la red eléctrica, la construcción de las líneas de transmisión y distribución, y la instalación de equipos como transformadores, subestaciones, postes, cables y otros componentes que aseguran el flujo constante de electricidad a través del sistema.

La primera etapa de este proceso es el diseño técnico y planificación, donde ingenieros eléctricos y civiles trazan el plan de la infraestructura. Este diseño considera varios factores, incluyendo la geografía, la demanda eléctrica y las necesidades futuras de expansión del sistema, cumpliendo con las normativas de seguridad y regulación.

Una vez completado el diseño, se procede a la fase de construcción y montaje, donde se erigen las torres de alta tensión, se tienden los cables conductores, se instalan

transformadores y se construyen subestaciones para manejar la transferencia de energía desde la generación hasta la distribución local. En esta etapa, se utilizan grandes equipos especializados para realizar las obras de infraestructura y garantizar que los componentes sean montados de manera precisa y en conformidad con las especificaciones técnicas.

Finalmente, se realiza una serie de pruebas de funcionamiento para verificar que el sistema opere correctamente, que incluye probar la eficiencia del flujo de electricidad, la capacidad de respuesta ante sobrecargas o interrupciones, y el cumplimiento de las normativas de seguridad eléctrica. Solo después de estas verificaciones, la infraestructura se considera lista para su puesta en servicio.

Procesos de infraestructura y montaje eléctrico:

- Diseño de instalaciones eléctricas para servicios públicos, domiciliarios y acometidas internas.
- Alistamiento y montaje.
- Desarrollo y mantenimiento de instalaciones eléctricas para servicios públicos, domiciliarios y acometidas internas.

2.2.6.6. Operación y gestión inteligente.

Abarca un conjunto amplio de servicios especializados que respaldan cada fase de los proyectos eléctricos. Estas actividades incluyen estudios de factibilidad, análisis de costos, cumplimiento normativo, diseño de sistemas, optimización de redes, y auditoría energética. Los ingenieros y consultores desempeñan un papel clave en la implementación de tecnologías avanzadas, asegurando que los proyectos cumplan con estándares de seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad, apoyando tanto en las fases de generación, transmisión, distribución y comercialización.

Los estudios de viabilidad y planificación evalúan la viabilidad técnica y económica de los proyectos, considerando aspectos como la ubicación de plantas, tecnologías a implementar, y el impacto ambiental. El diseño de sistemas eléctricos implica la creación de redes eficientes y seguras, desde líneas de transmisión hasta sistemas de distribución,

integrando fuentes convencionales y renovables. Los consultores también realizan auditorías y análisis de eficiencia energética, detectando oportunidades para optimizar el consumo de energía y reducir costos.

Además, la gestión de la implementación es importante para coordinar todos los aspectos técnicos y logísticos durante la construcción y operación de instalaciones eléctricas. Esto incluye la supervisión de contratistas, la garantía del cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, y la integración de innovaciones tecnológicas que mejoren la eficiencia y resiliencia de los sistemas eléctricos.

Procesos y subprocesos de la operación y gestión:

- Proceso: operación y coordinación del Sistema Eléctrico Nacional. Agrupa todas las funciones asociadas con la operación en tiempo real, la confiabilidad y la seguridad del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Incluye:
  - Planeación, coordinación y control de la operación integrada del SIN.
  - Gestión de eventos e incidentes operativos.
  - Aseguramiento de la calidad, continuidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica.
  - Coordinación del uso eficiente de los recursos de generación y transmisión.
- Proceso: administración del Mercado de Energía Mayorista (MEM). Este proceso se orienta al diseño, monitoreo y operación del mercado eléctrico, asegurando transparencia, eficiencia y confiabilidad en las transacciones comerciales. Incluye:
  - Funciones del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC).
  - Registro de contratos y fronteras comerciales.
  - Liquidación, facturación, recaudo y pago de transacciones del MEM.

- Supervisión del comportamiento comercial de los agentes.
- Aseguramiento del cumplimiento de reglas de mercado.

- Proceso: liquidación y gestión de ingresos regulatorios. Responsable de administrar la compensación y pagos por el uso de la infraestructura del sistema eléctrico. Incluye:
  - Funciones del Liquidador y Administrador de Cuentas (LAC).
  - Liquidación de cargos por uso de redes del SIN.
  - Cálculo del ingreso regulado de los transportadores.
  - Aplicación de los criterios establecidos por la CREG.
- Proceso: innovación, información y articulación del sector eléctrico. Enfoca las capacidades de la operación y gestión en el desarrollo sostenible, la transformación digital, la generación de conocimiento y la articulación de los actores del sector. Incluye:
  - Desarrollo de tecnologías para transformar el sector eléctrico.
  - Generación y divulgación de información con valor agregado.
  - Articulación con agentes del sector para la transición energética.
  - Aporte técnico a la estrategia energética nacional.
  - Cultura organizacional orientada a la estrategia 2030.

2.3. Cadena de valor complementaria relacionada con la Sección C – Industrias Manufactureras, División 27 - Fabricación de aparatos y equipo eléctrico y División 33 Instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo.

En correspondencia con lo establecido en el numeral 1.1. de este documento, *Descripción del área de cualificación: (…) el área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL) comprende actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a partir de fuentes convencionales y no convencionales de energía.*

Incluye la fabricación, ensamble, instalación, ensayo, diagnóstico, mantenimiento o reparación de equipos y componentes eléctricos utilizados en los procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica.

Así mismo, contempla la asesoría y orientación sobre la operación, mantenimiento, reparación y los aspectos tecnológicos de los materiales, productos y procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica (…)

En consecuencia, en relación con la *(…)* ***fabricación, ensamble, instalación, ensayo, diagnóstico, mantenimiento o reparación de equipos y componentes eléctricos utilizados en los procesos relacionados con la producción y el suministro de energía eléctrica*** *(…),* se procede de acuerdo con la orientación metodológica relacionada con la cadena de valor, Escenario No. 1 - Adaptación o adopción de la cadena de valor del sector basada en el análisis de cadenas de valor existentes, documento "Orientaciones metodológicas para el diseño de cualificaciones – Etapa A" (Marco Nacional de Cualificaciones (MNC), 2024)

Se efectúa la revisión de las cadenas de valor expuestas en los Mapas Ocupacionales[9] del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo (SNFT) del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, trabajados y validados por el sector productivo a través de las instancias Mesas Sectoriales[10] de: Equipos de electro-electrónicos; y, Automatización, bajo la Secretaría Técnica del Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA.

Figura 3. Mapa ocupacional de la mesa sectorial Equipos electro-electrónicos.



Consultado en: https://observatorio.sena.edu.co/Content/pdf/mapas_ocupacionales/electronica.pdf

Figura 4. Mapa ocupacional de la mesa sectorial Automatización.



Consultado en: https://observatorio.sena.edu.co/Content/pdf/mapas_ocupacionales/automatizacion.pdf

Para el proyecto, se adapta la cadena de valor relacionada con la Mesa Sectorial Automatización, dado el ciclo de producción de aparatos electro-electrónicos en lo que

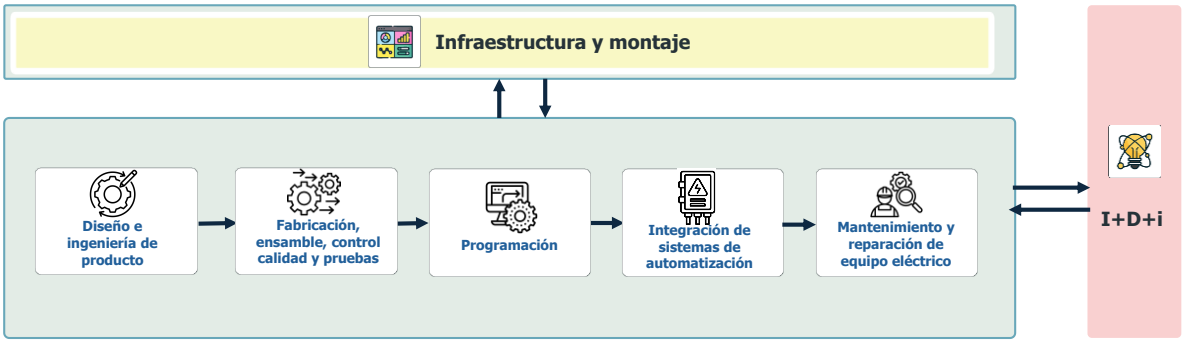
[9] El Mapa Ocupacional es la ruta estratégica ocupacional compuesta por la cadena de valor del sector, los cargos que participan en cada uno de los eslabones y la homologación de estos con ocupaciones existentes en la Clasificación Nacional de Ocupaciones. De otra parte, la cadena de valor es la agrupación de actividades por eslabones, que permiten describir el desarrollo de un proceso productivo para generar valor al bien o servicio final, y se encuentra definida para este fin por el alcance de las mesas sectoriales. Tomado de: https://observatorio.sena.edu.co/Clasificacion/Mapa

[10] Las Mesas Sectoriales son el espacio natural de concertación con el sector productivo, gubernamental y académico para desarrollar la gestión del talento humano por competencias generando conocimiento transferible a la formación profesional. En estas participan voluntariamente gremios, empresarios, sector público, organizaciones de trabajadores, centros de investigación y oferentes educativos. Están conformadas por representantes del Gobierno, Sector Productivo y Sector Académico. El ámbito de las Mesas Sectoriales es de carácter nacional y sectorial, y tienen su domicilio en el lugar del Centro de Formación que ejerce la Secretaría Técnica. Tomado de: https://www.sena.edu.co/es-co/Empresarios/paginas/mesassectoriales.aspx

concierne a productos intermedios, como componentes electrónicos, bobinas, circuitos, elementos de control; y, productos finales como motores, transformadores, tableros, automatismos y productos para diversas aplicaciones y el impacto de la digitalización e industria 4.0 en los procesos clave del sector eléctrico.

En consecuencia, la cadena de valor aplicable a las actividades económicas descritas en el numeral 1.2. – Análisis de actividades económicas (CIIU 04 A.C.) en relación con la Sección C – Industrias Manufactureras, División 27 - Fabricación de aparatos y equipo eléctrico; y, División 33 Instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo: 2711. Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos; 2712. Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica; 2720. Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos; 2731 Fabricación de hilos y cables eléctricos y de fibra óptica; 2732 Fabricación de dispositivos de cableado; 2790 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.; y, 3314 Mantenimiento y reparación especializado de equipo eléctrico, es la que se presenta.

Figura 5. Cadena de valor Fabricación de aparatos y equipo eléctrico e Instalación, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo.



Fuente: elaboración propia a partir de adaptación cadena de valor Mesa Sectorial Automatización.

2.4. Resultados del ejercicio de verificación de la cadena de valor.

Esta sección presenta los resultados del ejercicio de verificación de la cadena de valor para el área de cualificación PEEL en el país. Con el objetivo de lograr una representación nacional, el equipo técnico y metodológico del PNUD convocó a un encuentro virtual,

invitando a participantes seleccionados a partir de la base de datos del mapeo de actores clave del sector.

En respuesta a la convocatoria realizada por correo electrónico, se llevó a cabo una primera reunión virtual de verificación, con la participación de las siguientes personas:

Tabla 4. Participantes sesión verificación cadena de valor.

Nombres y apellidos completos	Entidad, institución, organización u otro, a la que representa	Cargo que ocupa en la entidad, institución, organización u otro, a la que representa
Marlon Villamizar	Independiente	Consultor Gestión de la Energía
Iván Camilo Durán Tovar	Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Profesor
Luis Jorge Cardozo Monsalve	Otro	Ingeniero independiente
José Miguel Acosta Suarez	CIER	Gestor de conocimiento
Rocío Carolina Rojas Neira	Cisne Sostenible	Dirección de proyectos especiales
Catalina Rubio Morelli	ANDEG	Directora Ambiental y de Sostenibilidad
Víctor Manuel Suárez Aya	SOL MAGNUM, S.AS.	Representante legal
Manuel Alejandro García Godoy	SP ingenieros	Ingeniero de proyectos
Marcela Kindermann	AIEEUN	Directora Ejecutiva
Beder José Bula Montalvo	Independiente	Tengo Electricista
Laura Hortúa	Corpoema	Líder de proyectos
German Gutiérrez Patiño	MC4SOLAR	Coordinador
Humberto Rodríguez	Academia de Ciencias / Corpoema	Académico / Consultor
José Miguel Suárez Giorgi	CCG Consultoría e Ingeniería	Ingeniero de subestaciones
Cesar Vargas Muñoz	CISNE SOSTENIBLE	CEO Co Founder
Oscar Gracia	CEERA	Analista de datos
Luis Eduardo Castillo Sánchez	Tu Techo Solar SAS BIC	Gerente

Nombres y apellidos completos	Entidad, institución, organización u otro, a la que representa	Cargo que ocupa en la entidad, institución, organización u otro, a la que representa
Jorge Andrés Díaz Velandia	BRP Ingenieros	Director Ingeniería
Luis Guillermo Guerrero Calderón	Uniempresarial	Coordinador programas de formación para el trabajo
Bryan Brunal	ANTER	Ingeniero de proyectos
Alison Rozo	UPME	Evaluadora Incentivos Tributarios
Mónica Andrea Avendaño Gómez	Centro de Innovación, Emprendimiento y Empresa Sergio i+E de la Universidad Sergio Arboleda	Subdirectora
Luis Prieto	Fenoge	Coordinador Técnico Regional
Catalina Castillo Verdugo	UPME	Contratista
Fabio González B	Corpoema	Consultor
Julieth Paola Rozo Cruz	Id energy group	Dirección de proyectos
Angelica Aldana Urrea	Independiente	Profesional

Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Metodología.

La metodología implementada durante la sesión de verificación se estructuró en tres momentos:

1. Presentación inicial: se expuso el contexto del proyecto de diseño del catálogo de cualificaciones del área PEEL y se realizó la presentación de los participantes.
2. Revisión conceptual: se presentó el modelo conceptual del sistema de relaciones de valor correspondiente al área de cualificación PEEL.
3. Aplicación del instrumento: se explicó la metodología definida para la consulta y la aplicación del instrumento de verificación.

Las preguntas del formulario de verificación fueron diligenciadas a través de un formulario en Google Forms, el cual fue compartido mediante el chat de la reunión y, posteriormente, enviado por correo electrónico.

2.4.2. Estadística del ejercicio.

La primera pregunta del ejercicio fue:

¿Considera que las actividades económicas identificadas en la CIIU Rev. 04 A.C. corresponden al área de cualificación Producción de Energía y Electricidad (PEEL)? ¿Por qué?

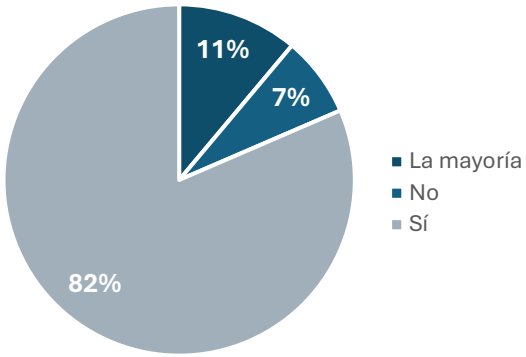
Esta pregunta verifica la pertinencia de las actividades económicas seleccionadas como parte de la cadena de valor del área PEEL. Su objetivo asegura la base normativa utilizada (CIIU Rev. 04 A.C.) reflejara con precisión los procesos, servicios y ocupaciones asociados a la producción de energía y electricidad. Busca fundamentar el diseño del catálogo de cualificaciones sobre una estructura sectorial coherente con la realidad productiva y tecnológica del país.

El 82 % de los actores consultados indicó estar de acuerdo con la correspondencia entre las actividades económicas seleccionadas y el área PEEL, argumentando que estas actividades presentan una relación directa o indirecta con los procesos vinculados a la producción, transformación, distribución y soporte técnico del sector energético. Las justificaciones incluyeron desde la generación de energía hasta la fabricación de equipos, la construcción de infraestructura y los servicios de ingeniería y consultoría, todos considerados componentes esenciales dentro de la cadena de valor del sector.

Por su parte, el 11 % manifestó un acuerdo parcial, señalando que, si bien la mayoría de las actividades identificadas resultan pertinentes, existen algunos códigos específicos que requieren revisión. Se mencionó, que las actividades agrupadas bajo códigos iniciados en "27" estarían más relacionadas con la producción de maquinaria y equipos, sin una vinculación clara con la generación o gestión de energía eléctrica. Igualmente, se propuso considerar la inclusión del código 4220, por su relación con servicios públicos de energía, y se cuestionó la pertinencia del código 8415, por corresponder a actividades de carácter transversal no necesariamente propias del sector energético. Además, se resaltó la necesidad de incorporar actividades orientadas al monitoreo de parámetros eléctricos, en vista de su creciente relevancia en los sistemas energéticos modernos.

Finalmente, el 7 % restante indicó no estar de acuerdo con la selección de actividades, justificando su posición en la ausencia de códigos que reflejen cualificaciones relacionadas con la eficiencia energética y las energías renovables. De acuerdo con estos participantes, el desarrollo reciente del sector energético ha dado lugar a nuevas necesidades técnico-productivas que no se encuentran debidamente representadas en la CIIU Rev. 04 A.C., lo cual podría limitar la pertinencia y actualidad del catálogo si no se ajusta su alcance en función de estas transformaciones.

Gráfica 1. Pertinencia de las actividades económicas.



Fuente: elaboración propia.

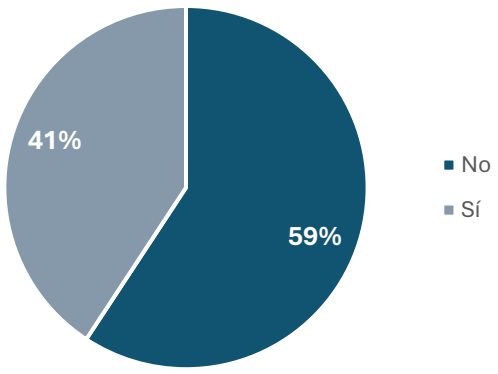
Durante el ejercicio de verificación, los actores identificaron varias actividades económicas que no están suficientemente representadas en la CIIU Rev. 04 A.C. en relación con el área de cualificación PEEL. Se destacó la necesidad de incluir actividades relacionadas con electrónica de potencia, almacenamiento de energía (más allá de la fabricación de baterías), servicios ambientales, mantenimiento, y procesos de extracción y transformación de combustibles y minerales.

También se sugirió ampliar las categorías actuales para reflejar con mayor precisión la fabricación de componentes específicos para energías renovables, como aerogeneradores, paneles solares e inversores, que actualmente se agrupan de forma general bajo el código 2790.

Adicionalmente, se recomendó fortalecer la representación de actividades de consultoría e ingeniería especializadas en energías renovables, así como incluir categorías específicas para el desmantelamiento de infraestructura eléctrica, redes inteligentes (smart grids) y sistemas de medición avanzada. Finalmente, se propuso una mayor especificidad en las actividades de investigación y desarrollo enfocadas en tecnologías energéticas renovables, con el fin de responder a las transformaciones del sector y promover la innovación técnica.

Ante la pregunta sobre si la estructura tradicional de la cadena de valor del sector eléctrico en Colombia —definida por las etapas de generación, transmisión, distribución y comercialización— refleja la realidad actual y tendencial del sector, el 59% de los participantes manifestaron su desacuerdo, mientras que el 41% consideraron que aún es válida, aunque con matices.

Gráfica 2. ¿La estructura de la cadena de valor definida por etapas refleja la realidad actual y tendencial del sector?



Fuente: elaboración propia.

Quienes no están de acuerdo argumentan que la estructura actual es insuficiente para capturar la complejidad y evolución del sector. Señalan que omite componentes clave como la electrónica de potencia, el tratamiento de señales, la automatización, la informática (incluidos softwares de simulación y programación), y la incorporación de nuevas tecnologías como el almacenamiento de energía, la agregación de demanda y la

generación distribuida, particularmente a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).

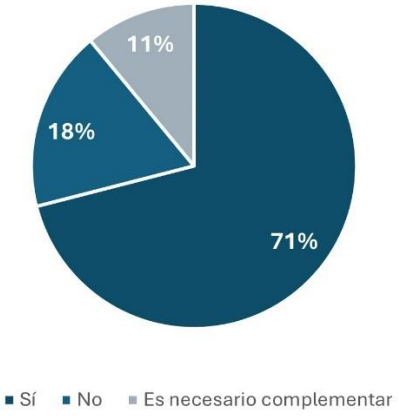
También se destaca la ausencia de actividades relacionadas con la gestión de la demanda, la administración del mercado eléctrico, la regulación y la supervisión —roles desempeñados por actores como XM, el CND o la Superservicios—, así como los servicios energéticos complementarios, como el mantenimiento, la eficiencia energética, y la consultoría especializada. Se cuestiona que la estructura tradicional esté centrada en la infraestructura, sin considerar suficientemente las tecnologías emergentes ni los servicios innovadores como los sistemas inteligentes (smart grids), la participación del consumidor activo y la figura del prosumidor, contemplada en la Ley 1715 de 2014.

Adicionalmente, se sugiere incluir fases como el abastecimiento de materias primas para generación y los servicios asociados a nuevas dinámicas del sector, como ciudades inteligentes y movilidad eléctrica. El sistema eléctrico colombiano, en constante transformación, requiere una cadena de valor más flexible e inclusiva que integre los cambios derivados de la digitalización, la descentralización de la generación y la sostenibilidad.

Por su parte, el 41% que considera que la estructura tradicional aún refleja el funcionamiento del sector reconocen que estas cuatro etapas han sido históricamente centrales, pero también admiten que requieren ampliaciones conceptuales. Mencionan, por ejemplo, que la generación distribuida, el almacenamiento de energía, la gestión activa de la demanda, los nuevos servicios energéticos, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos y vectores energéticos emergentes como el hidrógeno verde no están claramente representados en el esquema convencional.

Frente a la pregunta: ¿Cree que la propuesta de cadena de valor del sector eléctrico representa la realidad actual y futura del sector?, el 70% de los encuestados respondió afirmativamente, mientras que el 30% expresó desacuerdo.

Gráfica 3. ¿La propuesta de cadena de valor del sector eléctrico representa la realidad actual y futura del sector?



Fuente: elaboración propia.

Quienes no están de acuerdo con la cadena de valor planteada señalan que deben adicionarse componentes clave para reflejar adecuadamente la dinámica del sector. Mencionan la ausencia de funciones como la administración del mercado, la regulación y la supervisión —realizadas por entidades como XM, el Centro Nacional de Despacho (CND) y la Superservicios—. Algunos de los encuestados indican que el modelo no incorpora un enfoque actualizado del sistema eléctrico, no es completamente claro el rol del usuario final activo, y es necesario un enfoque más integral de la cadena de valor, que incluya las entidades de apoyo, la infraestructura asociada y los elementos de la red inteligente, para reflejar la evolución del marco tradicional.

Por otro lado, quienes están de acuerdo consideran que la propuesta representa la evolución estratégica de la cadena de valor, alineada con las transformaciones del sector. Destacan varios elementos clave:

- Inclusión del usuario final activo: reconocer al usuario no solo como consumidor sino también como generador (prosumidor) promueve la generación distribuida, especialmente mediante tecnologías solares fotovoltaicas. Esto incentiva la descentralización, mejora la eficiencia del sistema y fortalece la resiliencia energética.
- Almacenamiento de energía: su incorporación como una etapa relevante permite visibilizar su papel fundamental para la integración de fuentes intermitentes (como

solar y eólica), el alivio a la generación térmica y el incremento de la confiabilidad del sistema eléctrico.

- Servicios complementarios: la integración de estos servicios refleja la complejidad del ecosistema energético moderno, considerando soluciones tecnológicas, digitales y de gestión energética avanzada.
- Planeación como eje estratégico: la inclusión de una etapa específica de planificación evidencia la necesidad de anticipar escenarios de expansión, transición energética, adaptación al cambio climático y despliegue de infraestructura.
- Marco regulatorio y normativo: resaltar esta dimensión permite articular la transformación del sector con políticas públicas, reglas claras para la participación de nuevos actores e incentivos para tecnologías limpias e innovadoras.

Frente a la pregunta: ¿Qué desafíos o barreras identifica para la adopción de la cadena de valor propuesta en el sector eléctrico?, los participantes identificaron múltiples factores que abarcan dimensiones técnicas, normativas, educativas, institucionales y sociales.

Uno de los principales retos señalados es la necesidad de actualizar el marco normativo vigente, especialmente la normativa derivada de la Ley 143 de 1994, que ya no responde adecuadamente a las dinámicas del sector actual. Se requiere una regulación más flexible que permita la inclusión de nuevos actores como los prosumidores (usuarios que generan y consumen energía), y que habilite condiciones equitativas para su participación, sin desincentivar a los operadores tradicionales. También se mencionan conflictos de interés entre actores del sector que podrían obstaculizar proyectos innovadores o descentralizados.

Se identifican importantes brechas en la modernización de la red eléctrica, incluyendo la capacidad de transformación y respuesta de las redes ante una mayor penetración de generación distribuida y almacenamiento. La infraestructura existente no está diseñada para gestionar un flujo bidireccional de energía ni para integrar nuevos esquemas tecnológicos como la inteligencia artificial o la generación fotovoltaica a pequeña escala. Además, se requiere un mayor acceso a los datos del sistema eléctrico para la toma de decisiones informadas y la optimización del sistema.

Frente a la formación de talento humano y la actualización académica, existe un desajuste entre la estructura educativa y las competencias requeridas para implementar la nueva cadena de valor. Se menciona la necesidad de:

- Incorporar nuevas profesiones como ingenieros en energía, profesionales en IA, técnicos en automatización, entre otros.
- Ampliar la cobertura de formación en tecnologías emergentes, tanto a nivel profesional como técnico.
- Modernizar los planes de estudio en las universidades y centros de formación para responder a los retos actuales del sector energético.
- Promover la atracción y retención de talento humano calificado.

En la inclusión de nuevos actores y roles, la participación del usuario final activo representa un cambio estructural. Incluirlo dentro de la cadena de valor implica reconocer que no necesariamente cuenta con formación técnica o experiencia en el sector, lo cual requiere estrategias de pedagogía, acompañamiento y empoderamiento. También se destaca la importancia de incorporar a actores emergentes como desarrolladores de proyectos pequeños, empresas con autogeneración solar, y comunidades organizadas, garantizando su articulación efectiva con los grandes jugadores del sector.

Dentro de las barreras económicas y sociales, los costos asociados a la implementación de tecnologías innovadoras pueden ser una barrera importante, especialmente en territorios con menor capacidad de inversión o donde aún existen brechas energéticas. Además, se señala la resistencia al cambio, la falta de organización social y los desafíos de gobernanza como factores que pueden limitar el avance de esta transición. Desde una perspectiva de equidad, se resalta que el modelo debe contemplar condiciones que aseguren la competitividad y participación de todos los actores, no solo de las grandes empresas.

Por último, se destaca la necesidad de fortalecer la articulación sectorial para armonizar la regulación, planificar el desarrollo energético de forma integral y asegurar una transición ordenada. Esto incluye una mayor interacción con empresas emergentes,

mecanismos de gobernanza inclusiva y la creación de incentivos que permitan una adopción progresiva de la nueva cadena de valor.

Respecto a la pregunta: ¿Qué actores (públicos, privados, académicos, comunidades, etc.) deben asumir un rol activo en la consolidación de la cadena de valor propuesta? ¿Por qué?

Los actores clave del sector eléctrico coincidieron en que la consolidación de una nueva cadena de valor en Colombia exige una participación corresponsable, articulada y sostenida de múltiples sectores. Esta transformación no puede recaer únicamente en una instancia o grupo, sino que requiere una colaboración estructural entre el sector público, el privado, la academia y la sociedad civil. A partir de los aportes recopilados, se identificaron los principales actores estratégicos y las razones por las cuales su involucramiento resulta fundamental:

- Sector público: entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la CREG, la UPME, la Superservicios, los entes territoriales y los ministerios de Educación, Ciencia, Ambiente y Trabajo son responsables de liderar la formulación de políticas públicas, garantizar la planificación estratégica del sistema energético y establecer marcos regulatorios adaptables a las nuevas dinámicas del sector. Su participación es clave para generar condiciones habilitantes que impulsen la incorporación de tecnologías emergentes, nuevos modelos de negocio y enfoques de sostenibilidad, equidad y eficiencia.
- Sector privado: las empresas de generación, transmisión, distribución, comercialización, almacenamiento y tecnología fueron reconocidas como agentes fundamentales en la implementación de proyectos, la operación del sistema y la inversión en infraestructura. Su capacidad de adaptación ante los cambios regulatorios y tecnológicos, así como su liderazgo en innovación, son determinantes para consolidar un sistema eléctrico moderno, resiliente y competitivo.
- Academia y centros de formación: universidades, centros de educación técnica y tecnológica, e instituciones de investigación deben actualizar sus programas formativos y enfoques de investigación, incorporando temáticas como digitalización,

generación distribuida, almacenamiento energético, eficiencia energética y transición justa. Según los actores consultados, estos espacios tienen el potencial de formar talento humano pertinente, fomentar la innovación y articularse con el sector productivo para responder a los retos actuales y futuros del sector energético.

- Sociedad civil y comunidades: la participación de organizaciones sociales, juntas de acción comunal, comunidades energéticas y grupos ciudadanos fue resaltada como esencial para legitimar los procesos de planificación, adaptar las soluciones a las realidades territoriales y promover una transición energética más equitativa e inclusiva. Además, se subraya su rol como veedores sociales, garantes del cumplimiento de compromisos ambientales y sociales.
- Usuarios finales: tanto usuarios residenciales como industriales y comerciales, regulados y no regulados, deben ser reconocidos como actores activos en el sistema energético. Su rol ya no se limita al consumo pasivo, sino que se amplía a prácticas como la generación distribuida, la respuesta a la demanda, el almacenamiento de energía y el uso eficiente de los recursos. Este cambio de paradigma redefine su participación dentro de la nueva cadena de valor.
- Sector financiero y cooperación internacional: bancos públicos y privados, agencias de cooperación y organismos multilaterales tienen la capacidad de movilizar recursos, mitigar riesgos y facilitar la implementación de proyectos sostenibles. Según los actores consultados, su experiencia técnica y financiera es vital para escalar soluciones innovadoras, cerrar brechas de inversión y acelerar el proceso de transición energética.
- Gremios, asociaciones sectoriales, redes y clústeres energéticos: estos espacios de articulación son considerados fundamentales para facilitar el diálogo multisectorial, promover la generación de consensos, socializar buenas prácticas y fortalecer capacidades colectivas. Los actores destacaron su potencial para construir una visión compartida del futuro energético nacional y fomentar la cooperación interinstitucional.

Para la pregunta, ¿Considera que la definición del área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL) está alineada con la cadena de valor propuesta? ¿Por qué?

Las respuestas de los actores clave del sector eléctrico evidencian una percepción mayoritariamente favorable frente a la alineación entre la definición del área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL) y la cadena de valor propuesta. Se reconoce que esta definición abarca los procesos esenciales del sistema eléctrico, como la generación, transmisión, distribución y comercialización, así como actividades complementarias como la instalación, diagnóstico, mantenimiento y reparación de sistemas eléctricos. Estas acciones se articulan con las etapas de infraestructura, operación y servicio al usuario final definidas en la cadena de valor.

No obstante, los actores también identifican vacíos importantes. Se destaca la omisión de funciones como la administración del mercado, la regulación y la supervisión, desarrolladas por entidades como XM, el Centro Nacional de Despacho (CND) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios). Estas funciones son fundamentales para garantizar el equilibrio operativo, la transparencia y la sostenibilidad del sistema, y su exclusión limita la visión integral del sector.

Además, varios participantes señalaron la necesidad de ajustar el nombre del área, sugiriendo que el término "Producción de Energía" es demasiado amplio y podría inducir a error. Se propone reemplazarlo por “Producción de Energía Eléctrica”, para asegurar coherencia con la cadena de valor planteada y delimitar correctamente el alcance de la cualificación dentro del subsector eléctrico.

Frente al enfoque técnico de la propuesta, algunos actores expresaron preocupación respecto a la sobrecarga de funciones para los técnicos como solución a la escasez de ingenieros. Aunque el fortalecimiento del rol técnico es fundamental, se insiste en que esto debe hacerse de forma articulada, reconociendo la complementariedad entre ambos perfiles, sin que ello implique una desprofesionalización de funciones críticas.

Desde una visión estratégica y de futuro, los actores sugieren ampliar la definición de PEEL para incluir procesos emergentes como la digitalización, redes inteligentes,

almacenamiento de energía, electromovilidad, tokenización de la energía (representación de la energía eléctrica, o el derecho a consumir una cantidad de ella, como un token digital en una red Blockchain), y economía circular. Esta actualización permitiría que la cualificación se mantenga vigente ante los cambios tecnológicos y las nuevas dinámicas del mercado energético.

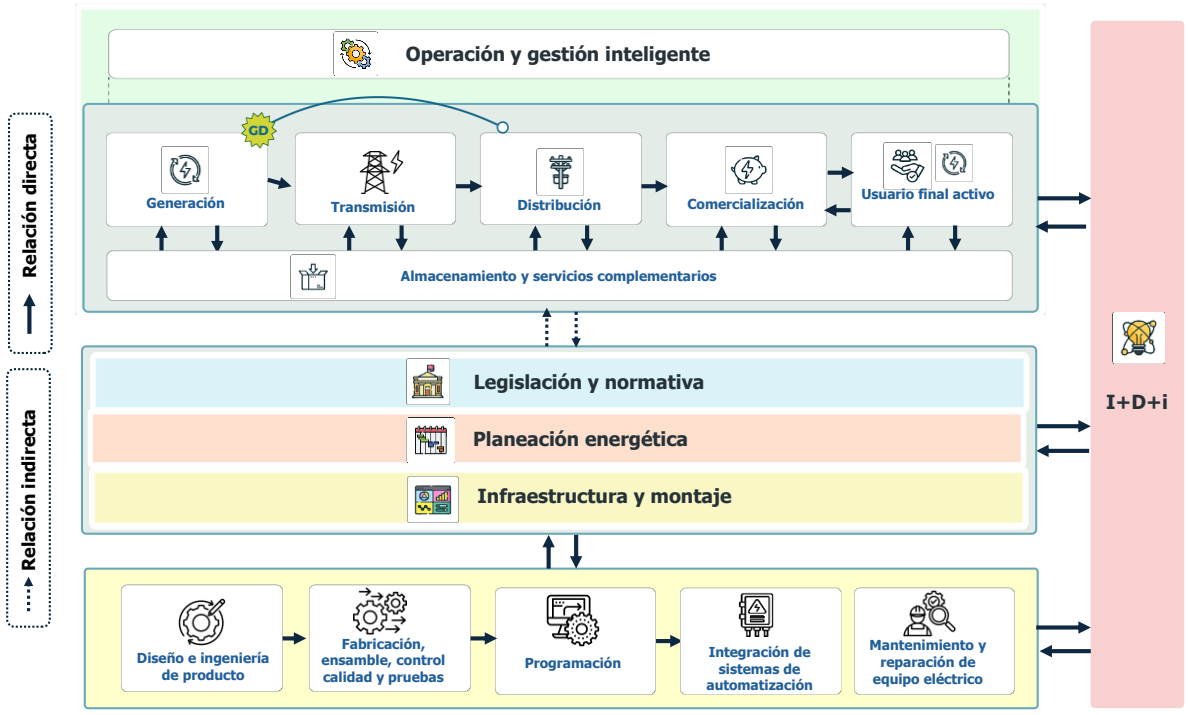
Asimismo, se subraya la importancia de considerar a los proveedores de tecnología como agentes claves, dado que los equipos y materiales representan cerca del 70% del CAPEX de los proyectos, impactando directamente en la competitividad y sostenibilidad del sector.

Por otra parte, aunque la definición hace referencia a labores en contextos domésticos, comerciales e industriales, se considera que no refleja de manera explícita el papel del usuario final activo. Este es un concepto central en la transición energética actual, donde los usuarios también pueden ser generadores y gestores de energía, lo cual demanda nuevas competencias y enfoques.

Finalmente, algunos actores señalaron que, si bien la definición es más completa que versiones anteriores y contempla etapas como la asesoría técnica y la innovación, aún podría fortalecerse con una orientación más clara hacia los fines y propósitos del área de cualificación. Esto implica reconocer los retos normativos, geopolíticos, económicos y ambientales, e incluir herramientas como la inteligencia artificial, nuevos esquemas de financiamiento y gestión del conocimiento que contribuyan a posicionar soluciones sostenibles y resilientes en el sector energético.

En consecuencia, del ejercicio de verificación de la cadena de valor se presenta en la Figura 6 los ajustes recomendados por los verificadores participantes, quedando cinco eslabones y seis procesos transversales, lo cual será la base del desarrollo de las etapas subsiguientes.

Figura 6. Cadena de valor del sector de Energía Eléctrica y Servicios Conexos.



Fuente: elaboración propia.

2.5. Armonización de las Actividades Económicas (CIIU) y las Ocupaciones (CUOC) con la descripción del área de cualificación PEEL.

El análisis de correspondencia entre las actividades económicas, clasificadas bajo la CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme), y las ocupaciones según la CUOC (Clasificación Única de Ocupaciones) permite garantizar que las cualificaciones de los trabajadores en un sector específico se alineen con las necesidades del mercado laboral y las demandas de la industria.

Este proceso de armonización es especialmente importante en sectores estratégicos como el de la energía, que abarca actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

El propósito de este análisis es evaluar la coherencia entre las actividades económicas del sector energético y las ocupaciones correspondientes, determinando si existe una

relación directa y clara entre las funciones desempeñadas en los diferentes eslabones de la cadena de valor y las cualificaciones necesarias para ejecutarlas. Esto permite no solo identificar si las ocupaciones están adecuadamente representadas en el área de cualificación, sino también reconocer oportunidades para mejorar la formación, el desarrollo de competencias y la profesionalización del sector.

A partir de este análisis, se revisar la correspondencia entre las actividades económicas y las ocupaciones, destacando los resultados que muestren una alineación efectiva o posibles inconsistencias. Además, se presentan observaciones y recomendaciones específicas del equipo técnico para mejorar la estructura del área de cualificación en cuestión. Finalmente, se ofrecen conclusiones que permiten identificar el alcance y los desafíos del sector energético dentro del contexto de las cualificaciones revisadas.

Tabla 5. Tabla de armonización Actividades Económicas CIIU, cadena de valor y ocupaciones CUOC relacionados con el área de cualificación PEEL.

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
Sección	**Clase**	**Descripción de la clase**	**Subsector**	**Eslabones de la cadena de valor**	**Descripción de los eslabones de la cadena de valor**	**Código Ocupa-ción**	**Nombre Ocupación**
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3511	Generación de energía eléctrica	351 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	Generación	Es el proceso mediante el cual se produce energía eléctrica a partir de diferentes fuentes primarias como el agua (hidroeléctrica), combustibles fósiles (termoeléctrica), energía solar, eólica o biomasa. Se encarga de convertir estas fuentes de energía en	13210	Director operaciones generación energía
						13210	Director planeación generación energía
						13210	Gerente de central eléctrica
						13210	Gerente planta de central hidroeléctrica
						13210	Gerente planta de generación de energía eléctrica
						13210	Jefe de operaciones de central hidroeléctrica
						13210	Jefe operación y mantenimiento generación energía
						13210	Jefe planta de generación energía
						21499	Ingeniero de energía nuclear
						21499	Ingeniero de generación de

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
					electricidad, que posteriormente será entregada al sistema de transmisión.		energía eléctrica nuclear
						21499	Ingeniero de generación de energía nuclear
						21510	Ingeniero de generación de energía
						21510	Ingeniero de generación de energía eléctrica
						21510	Ingeniero de generación de energía eléctrica excepto nuclear
						21510	Ingeniero electricista de generación de energía eléctrica
						21510	Ingeniero eléctrico de producción de energía
						31310	Despachador de estación de generación
						31310	Operador de central de energía eléctrica
						31310	Operador de estación de generación de energía
						31310	Operador de estación de generación energía eléctrica
						31310	Operador de planta de central hidroeléctrica en producción de energía eléctrica
						31310	Operador de planta de energía nuclear
						31310	Operador de planta de energía eólica generación de energía eléctrica
						31310	Operador de planta de generación y distribución energía eléctrica
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3512	Transmisión de energía eléctrica	351 Generación, transmisión, distribución y comercialización de	Transmisión	Implica el transporte de energía eléctrica a grandes distancias desde las	13210	Director planeación transmisión y distribución energía
						13210	Jefe gestión de la información transmisión y distribución energía

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
			energía eléctrica		plantas de generación hasta los centros de consumo. Este proceso se realiza a través de líneas de transmisión de alta tensión que permiten minimizar las pérdidas de energía. Incluye la operación y el mantenimiento de las líneas de transmisión, subestaciones y equipos asociados.	13210	Jefe operación integrada transmisión y distribución energía
						13210	Jefe soporte tecnologías operación transmisión y distribución energía
						21510	Ingeniero de redes eléctricas
						21510	Ingeniero de transmisión de potencia eléctrica
						21510	Ingeniero electricista de transporte y distribución de energía
						21510	Profesional de operación del sistema T&D (transmisión y distribución)
						21510	Profesional de operación y mantenimiento T&D (transmisión y distribución)
						72152	Liniero de redes de energía
						72152	Instalador de cables subterráneos de sistemas de energía eléctrica
						74121	Electricista de redes aéreas y subterráneas
						74130	Instalador de líneas de energía eléctrica
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3513	Distribución de energía eléctrica	351 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	Distribución	Corresponde a la etapa en la que la energía eléctrica es entregada a los consumidores finales. La distribución implica transformar la energía de alta tensión en voltajes más bajos para el uso residencial,	13210	Director operación, calidad y distribución energía
						13210	Jefe gestión de la información transmisión y distribución energía
						21510	Ingeniero de distribución de energía
						21510	Ingeniero de distribución de energía eléctrica
						21510	Ingeniero en distribución y redes eléctricas
						31130	Técnico en redes eléctricas de

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
					comercial o industrial. Las redes de distribución conectan las subestaciones de transmisión con los usuarios finales a través de cables y sistemas de medidores.		distribución de energía
						31310	Operador de control de distribución energía eléctrica
						72152	Empalmador de redes eléctricas
						74111	Electricista de sistema de energía eléctrica
						74111	Electricista de subestación eléctrica
D Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3514	Comercialización de energía eléctrica	351 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	Comercia-lización	Se refiere a la gestión de la venta y compra de energía eléctrica a los consumidores. Este eslabón incluye la interacción con los clientes, la facturación, la gestión de contratos, tarifas y el soporte técnico. Las empresas comercializadoras actúan como intermediarios entre los generadores, los operadores de redes y los consumidores finales.	13210	Vicepresidente de operaciones de empresa de energía eléctrica
						13210	Jefe gestión de la información transmisión y distribución energía
						31310	Operador de sistema de energía
C Industrias manufacturer as	2711 2712	2711 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos. 2712 Fabricación de aparatos de	271 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos y de aparatos de distribución		1_Corresponde a las actividades y funciones que tienen como propósito la conceptualización, diseño y especificación de sistemas	13210	Director planeación transmisión y distribución energía
						13210	Jefe gestión de la información T&D
						13210	Vicepresidente de operaciones de empresa de energía eléctrica
						13210	Gerente de central eléctrica

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
	2720 2731 2732 2790 3314	distribución y control de la energía eléctrica. 2720 Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos. 2731 Fabricación de hilos y cables eléctricos y de fibra óptica. 2732 Fabricación de dispositivos de cableado. 2790 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p. 3314 Mantenimiento y reparación especializado de equipo eléctrico.	y control de la energía eléctrica. 272 Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos. 273 Fabricación de hilos y cables aislados y sus dispositivos. 279 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico.	1-Diseño e ingeniería de producto. 2-Fabricación, ensamble, control de calidad y pruebas. 3-Programación. 4_Integración de sistemas de automatización. 5_Mantenimiento y reparación de equipo eléctrico.	eléctricos de potencia y automatización, a partir de la identificación de necesidades técnicas y el cumplimiento de normativas aplicables. 2_Relacionado con las actividades y funciones que tienen como propósito la producción, ensamble y verificación de componentes y equipos eléctricos y electrónicos, garantizando su funcionamiento conforme a los estándares de calidad y seguridad industrial. 3_Abarca las actividades y funciones que tienen como propósito el desarrollo de soluciones de control automatizado mediante la programación de PLCs, interfaces HMI y sistemas SCADA, para	13210	Gerente planta de generación de energía eléctrica
						13210	Director planeación transmisión y distribución energía
						13210	Jefe operación integrada T&D
						21510	Ingeniero de diseño eléctrico
						21510	Ingeniero eléctrico
						21510	Ingeniero de sistemas eléctricos
						21510	Ingeniero de mantenimiento eléctrico
						21510	Profesional de gestión de proyectos e ingeniería T&D
						21510	Profesional tecnologías operación T&D
						21510	Profesional de gestión de proyectos e ingeniería T&D
						21510	Profesional de mantenimiento subestaciones y líneas T&D
						21510	Ingeniero de generación de energía eléctrica
						21510	Ingeniero de sistemas eléctricos
						21510	Ingeniero de diseño eléctrico
						35221	Tecnólogo telemedida
						31228	Supervisor de producción de electricidad
						31228	Supervisor de electricistas industriales
						31228	Jefe de producción de aparatos eléctricos y electrónicos
						31130	Operador de planta eléctrica
						31130	Técnico en mantenimiento electromecánico
						75439	Inspector de calidad de productos eléctricos

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
					optimizar la operación de sistemas eléctricos y electrónicos. 4_Se refiere a las actividades y funciones que tienen como propósito la articulación e interoperabilidad de equipos y redes automatizadas, mediante la sincronización de dispositivos y la implementación de arquitecturas de control integradas. 5_Corresponde a las actividades y funciones que tienen como propósito preservar y restablecer el funcionamiento de equipos eléctricos, a través de acciones de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, que aseguren su disponibilidad y confiabilidad operativa.	75439	Inspector probador de motores eléctricos
						82124	Operadores de máquinas para la fabricación de productos y componentes eléctricos
						82123	Ensambladores de transformadores y motores eléctricos industriales
						82122	Ensambladores de aparatos y equipo eléctrico

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
F Construcción	4321	Instalaciones eléctricas	432 Instalaciones eléctricas, de fontanería y otras instalaciones especializadas	Infraes-tructura y montaje eléctrico	Este eslabón se refiere a las actividades relacionadas con la construcción, instalación y montaje de la infraestructura necesaria para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Incluye la instalación de subestaciones, redes de alta y baja tensión, líneas de transmisión y sistemas de distribución, así como la implementación de equipos eléctricos. Además, abarca el montaje de estructuras y la implementación de tecnologías para asegurar el correcto funcionamiento de la infraestructura eléctrica.	21510	Ingeniero de diseño de instalaciones eléctricas
						21510	Ingeniero electricista de instalación y mantenimiento de tendidos eléctricos
						21510	Ingeniero electricista de líneas eléctricas
						74111	Electricista de generador eléctrico
						74111	Electricista de mantenimiento y construcción
						74111	Electricista de subestación eléctrica
						74112	Ayudante electricista
						74112	Ayudante técnico de electricidad
						72152	Instalador de cables subterráneos de sistemas de energía eléctrica
						72152	Instalador de redes de energía eléctrica
						72152	Liniero de cables eléctricos
						74121	Electricista de mantenimiento redes de energía
						74121	Electricista de redes aéreas y subterráneas
M Actividades profesionales, científicas y técnicas	7112*	Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica	711 Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica	Ingeniería y servicios técnicos especializa-dos	En este eslabón se incluyen los servicios profesionales de ingeniería que apoyan las diferentes etapas de la cadena de	12230	Gerente ingeniería eléctrica
						21510	Ingeniero de alto voltaje
						21510	Ingeniero de diseño eléctrico
						21510	Ingeniero electricista
						21510	Ingeniero de sistemas eléctricos
						21510	Ingeniero eléctrico

Actividades Económicas CIIU del Sector				Cadena de valor		Ocupaciones CUOC	
					valor de la electricidad. Esto incluye el diseño de sistemas eléctricos, el desarrollo de proyectos de infraestructura, la asesoría técnica, la supervisión de obras y el mantenimiento o especializado de instalaciones eléctricas. Este eslabón también abarca actividades de consultoría, diagnósticos y estudios técnicos para optimizar los sistemas eléctricos, mejorar la eficiencia energética y garantizar la seguridad operativa.	21510	Profesional CBM eléctrico (mantenimiento basado en condición)

Fuente: elaboración propia a partir de CIIU Rev. 04 A.C. 2022, CUOC 2024 y ejercicio de verificación cadena de valor del AC PEEL.

3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE CUALIFICACIÓN

El sector de energía eléctrica de Colombia, componente esencial de la economía nacional y de su infraestructura, ha experimentado un crecimiento y una transformación significativos en el marco de la transición energética, especialmente en la última década. En esta sección se presenta un estudio de las características de los entornos socioeconómico, tecnológico, organizacional, ambiental, y político-normativo del sector eléctrico colombiano, con base en estudios, indicadores y datos relevantes para el diseño de cualificaciones del área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL).

3.1. Definición del sector de energía eléctrica y servicios conexos.

En esencia, el sector eléctrico engloba la prestación del servicio de energía eléctrica desde los procesos relacionados con la generación, interconexión, transmisión, distribución, comercialización y gestión de electricidad. De esta manera, los principales subsectores que integran el sector eléctrico son:

- Generación: la producción de electricidad a partir de diversas fuentes de energía como el agua, el calor, el viento y la radiación solar.
- Transmisión: el transporte de electricidad a largas distancias desde las centrales eléctricas hasta las redes de distribución local.
- Distribución: la entrega de electricidad desde las redes de transmisión a los usuarios finales, es decir, hogares, empresas e industrias.
- Comercialización: la venta de electricidad a los consumidores, regulada por tarifas y normas de mercado.

El sector eléctrico incluye además todos los servicios auxiliares necesarios para su funcionamiento adecuado y eficaz, tales como las actividades de monitoreo y control de la red eléctrica, actividades para garantizar la seguridad y protección de la red, actividades de regulación del mercado eléctrico, y actividades de gestión de la demanda de energía eléctrica y eficiencia energética.

El sector de energía eléctrica y servicios conexos es fundamental para el desarrollo económico, el bienestar social y la sostenibilidad medioambiental, ya que suministra la electricidad necesaria para todas las actividades industriales, comerciales y residenciales del país. Entre los principales motores de la evolución del sector figuran políticas gubernamentales como el Plan Energético Nacional, que propone la transformación energética como elemento clave para el desarrollo sostenible del país, y los compromisos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. El crecimiento del sector también se ve impulsado por los avances tecnológicos en generación, almacenamiento y distribución de energía, así como por la integración de sistemas descentralizados de energías renovables.

3.2. Entorno socioeconómico.

La información del entorno socioeconómico del sector de energía eléctrica se presenta a partir del análisis de datos de acceso a la energía e información estadística tomada del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) e información estadística generada a partir de la Gran Encuesta Integral de Hogares GEIH del DANE, identificando la población que vincula formalmente el sector a las diferentes actividades y procesos, discriminando estos datos por edad, género, nivel educativo y distribución geográfica. Además, presenta datos relacionados con crecimiento del sector y su aporte al PIB.

3.2.1. Acceso a la energía.

Colombia ha realizado avances significativos en la ampliación del acceso a la electricidad, con un poco más del 97% de la población con conexión a la red eléctrica en la actualidad. Sin embargo, las zonas rurales y remotas, especialmente en las regiones del Amazonas y la Orinoquía, siguen teniendo problemas de fiabilidad y calidad del servicio. Mientras que las zonas urbanas tienen una cobertura del 99%, las rurales rondan el 86% (Garces, Tomei, Franco, & Dyner, 2021). Las Zonas No Interconectadas (ZNI) a la red eléctrica, que se extienden por 21 departamentos y 104 municipios, padecen un servicio deficiente

y su principal fuente de energía son los generadores diésel, que generan elevados costes operativos y una importante contaminación ambiental (Superservicios, 2024).

A través del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), se desarrollan soluciones de energía eléctrica no conectadas a la red, como sistemas de energía solar a pequeña escala y microrredes, para subsanar estas deficiencias. Por ejemplo, con el programa "Energía para la Paz" se pretende llevar electricidad a más de 20.000 hogares en zonas aisladas afectadas por el conflicto mediante la implementación de proyectos de energía solar (IPSE, 2024).

Adicionalmente, los subsidios a la demanda final residencial de energía eléctrica son un mecanismo crucial de bienestar social diseñado para aliviar la carga financiera del consumo de electricidad para los hogares vulnerables en Colombia. Estos subsidios son implementados por el gobierno y administrados por las empresas comercializadoras de energía eléctrica. Esencialmente, estos subsidios reducen el costo de la electricidad para los consumidores de los estratos socioeconómicos más bajos (estratos uno, dos y tres). El nivel de subvención varía en función del estrato, siendo los hogares más vulnerables los que reciben el mayor porcentaje de reducción de costes. El objetivo es garantizar que todos los ciudadanos tengan acceso a los servicios energéticos esenciales, independientemente de sus circunstancias económicas. Estos subsidios se aplican directamente a la factura, y el monto del subsidio depende del estrato en el que se encuentre el usuario (hasta un 60% para estrato 1, hasta un 50% para estrato 2, y un 15% para estrato 3) (Enel, 2024).

El gobierno define un Consumo Básico de Subsistencia (CBS), que es la cantidad mínima de energía que una familia necesita para cubrir sus necesidades básicas, y a partir de esta definición, si una familia consume más de ese mínimo, el excedente se paga a precio normal, mientras que el consumo de subsistencia se paga a la tarifa reducida. El CBS varía según la altura sobre el nivel del mar del municipio donde se encuentra el usuario; si el municipio está por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar, el consumo de subsistencia es de 130 kWh, y si está por debajo, es de 173 kWh. Las familias de estratos altos, 5 y 6, y los usuarios industriales pagan una contribución adicional en su factura

para financiar estos subsidios, asegurando así que las familias de bajos ingresos tengan acceso a la electricidad a un costo menor (Superservicios, 2024).

Según datos del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), los usuarios de energía eléctrica de estratos 1, 2 y 3 recibieron cerca de 927 mil millones de pesos en subsidios de energía durante el año 2024 (SUI, 2024).

El Gobierno colombiano, a través de la Ley 2294 de 2023 (Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026), ha ordenado a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) definir el Consumo Indispensable (CI) de energía eléctrica para los usuarios en condiciones socioeconómicas de vulnerabilidad dentro de los estratos 1 y 2. Este consumo indispensable se define como la cantidad mínima mensual de energía eléctrica necesaria para satisfacer las necesidades básicas esenciales, considerando del mismo modo las zonas climáticas donde residen estos usuarios y promoviendo prácticas de consumo eficiente de energía. El consumo indispensable se deducirá del CBS.

Como se mencionó, las familias de los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 reciben actualmente subsidios para la electricidad, sin embargo, se establece que el subsidio para el estrato 3 permanecerá sólo hasta el 30 de junio de 2027. La UPME está empleando una metodología para calcular tanto el CBS como el CI. Esta metodología considera varios factores, entre ellos la jerarquía de necesidades de Maslow, las necesidades típicas de los usuarios, la disponibilidad de fuentes energéticas sustitutas, las zonas climáticas definidas por la Resolución 0549 de 2015, los niveles de vulnerabilidad (grupos A, B y C de Sisbén) y la caracterización de una canasta de equipos indispensables (iluminación, nevera, televisor, módem, lavadora y ventilador en climas más cálidos) con base en los datos de propiedad de equipos (mayor al 50% de propiedad) de las encuestas ECV (Encuesta Nacional de Calidad de Vida) realizadas entre 2019 y 2022 (UPME, 2023).

Estas iniciativas del gobierno colombiano para la ampliación el acceso a la electricidad y actualización de subsidios de energía tienen el potencial de moldear a futuro el mercado laboral del sector de la energía eléctrica. Estas políticas pueden impulsar cambios tanto

cuantitativos como cualitativos, exigiendo una mano de obra equipada con conjuntos de habilidades en evolución.

El aumento del acceso a la energía eléctrica, sobre todo en zonas rurales y ZNI anteriormente desatendidas, requiere un desarrollo sustancial de las infraestructuras de generación y suministro de electricidad. Por consiguiente, se prevé un aumento de la demanda de trabajadores que participen en la ampliación, instalación y mantenimiento de sistemas de generación distribuida, y redes de transmisión y distribución de energía eléctrica. Además, el énfasis en la eficiencia energética y el consumo sostenible, unido a la tendencia mundial hacia las energías renovables, acelerará la integración de la energía solar, eólica y otras fuentes de energía limpias. Esto creará nuevas oportunidades de empleo en el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas de energías renovables. A medida que se amplíe la base de clientes, se espera un aumento de la demanda de mantenimiento, reparaciones y atención al usuario.

Adicionalmente, la actualización de los subsidios de energía, a partir de los cálculos de consumo indispensable y consumo básico de subsistencia, requiere un sistema sólido de verificación y administración. Para ello podría ser necesario aumentar el personal con experiencia en regulación energética, gestión y análisis de datos, administración de programas socioeconómicos, verificación de la elegibilidad de usuarios, cumplimiento de la normativa y auditoría.

3.2.2. Impacto económico.

El sector de energía eléctrica colombiano representa un factor clave del crecimiento económico del país, ya que apoya a industrias como la minería, la industria manufacturera y los servicios. Además, una electricidad fiable es fundamental para la competitividad industrial y la inversión extranjera.

Las actividades de suministro de electricidad y gas contribuyen aproximadamente en un 2-3% al Producto Interior Bruto (PIB) de Colombia (UPME, 2019). En el sector eléctrico, esto incluye las contribuciones directas de las actividades de generación, transmisión y

distribución, así como las contribuciones indirectas de industrias relacionadas como la fabricación de equipos y los servicios auxiliares.

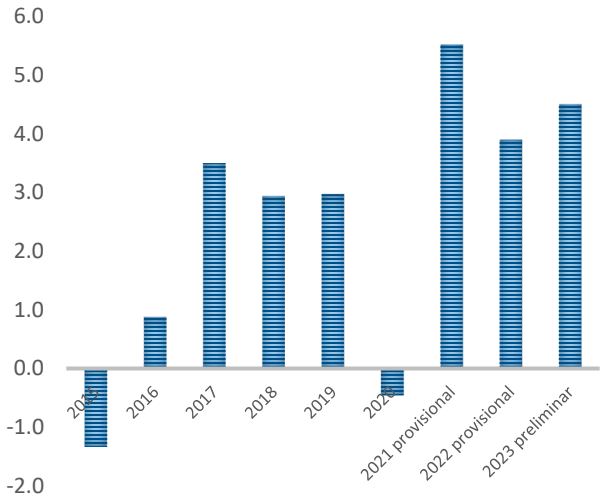
El sector también apoya el crecimiento económico proporcionando energía fiable a industrias como la minería, la agricultura y la industria manufacturera, que en conjunto representan una parte significativa del PIB.

Por otra parte, las Transacciones Internacionales de Electricidad (TIE) tienen como objetivo mejorar la integración regional dentro de la Comunidad Andina de Naciones. Estas transacciones optimizan la utilización de los recursos permitiendo el comercio de electricidad cuando es económicamente ventajoso, concretamente cuando el precio en el país exportador es más bajo (XM, 2024).

Colombia participa en exportaciones e importaciones de energía a corto plazo para maximizar la eficiencia de sus recursos energéticos. Las exportaciones se producen cuando los precios de la energía colombiana son más bajos o cuando otros países sufren escasez de recursos. Por otro lado, se recurre a las importaciones durante las crisis energéticas, cuando los precios internos suben y los recursos nacionales son insuficientes para satisfacer la demanda.

En la actualidad, Colombia realiza transacciones de este tipo con Ecuador, guiándose por la normativa vigente establecida por la Comisión Colombiana de Regulación de Energía y Gas (CREG). El país principalmente exporta electricidad a Ecuador, por un total aproximado de 1.500 gigavatios-hora (GWh) en 2022, generando alrededor de 100 millones de dólares en ingresos. Ese mismo año, Colombia importó unos 500 GWh, principalmente de Ecuador, manteniendo un importante excedente en el balance comercial de aproximadamente 70 millones de dólares en el sector eléctrico (XM, 2024).

Gráfica 4. Tasa de crecimiento PIB del subsector de Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (2015-2023 preliminar). Base 2015.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2023-DANE.

Se presenta la tasa de crecimiento de los subsectores de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Estos subsectores no cubren la totalidad el área de cualificación PEEL, sin embargo, su comportamiento representa en principio la dinámica del sector en términos del PIB.

Como se puede observar, estos subsectores han presentado un crecimiento desde 2016, con un descenso en 2020, como consecuencia del impacto de la pandemia de COVID-19 en la demanda de energía eléctrica. Sin embargo, en 2021, el sector experimentó una fuerte recuperación con un crecimiento del 5,5%, y aunque en menor magnitud, los años siguientes continúan presentando tasas de crecimiento positivas.

3.2.3. Descripción de la participación regional de las actividades económicas del sector.

En cuanto al subsector de generación, se observa una concentración importante de capacidad instalada por regiones del país, lo que incrementa la dependencia de la interconexión nacional. Las centrales hidroeléctricas se concentran en zonas con grandes recursos hídricos; de esta manera, los departamentos de Antioquia y Cundinamarca representan el 60% de la capacidad de generación de energía eléctrica en Colombia (XM, 2025). Los proyectos eólicos y solares están surgiendo en departamentos como La Guajira, Tolima, Cesar y Meta.

Al igual que la generación, las redes de transmisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y, en consecuencia, las actividades de distribución de energía eléctrica en Colombia tienen una baja penetración en la zona suroriental. Esto se debe a que los grandes centros

urbanos como Bogotá, Medellín y Cali tienen los mayores niveles de consumo eléctrico, mientras que las zonas rurales aún están poco electrificadas. No obstante, las zonas sin conexión al SIN representan el 52% del territorio del país, y agrupan alrededor de 400.000 hogares sin acceso continuo a energía eléctrica de calidad (Ortiz Jara, et al., 2020).

La alta concentración geográfica de los procesos de generación y transmisión de energía genera asimetrías territoriales en la provisión del servicio de energía eléctrica y en el desarrollo socioeconómico asociado. Las regiones sin acceso a electricidad de calidad y de forma continua, ubicadas principalmente en la Amazonía, Orinoquía, Chocó y San Andrés, enfrentan desafíos estructurales relacionados con costos logísticos, baja inversión, y limitaciones tecnológicas.

Desde una perspectiva laboral, se observa una concentración del talento humano en los centros urbanos y en empresas ancla del sector. Según datos de la GEIH del DANE, cerca del 40% de los ocupados en el área PEEL se encuentran en Bogotá y Antioquia, con alta participación en actividades de instalación eléctrica, generación y comercialización.

Además de las brechas en cobertura e infraestructura, también existen diferencias en la demanda energética. Mientras las zonas industriales y urbanas demandan energía para procesos productivos y servicios, en las zonas rurales dispersas la demanda está más asociada a usos domésticos y agropecuarios. Esta heterogeneidad requiere un enfoque diferenciado en el diseño de políticas energéticas y de cualificaciones, que permita fortalecer capacidades locales y promover transiciones energéticas territoriales justas e inclusivas.

Por tanto, el fortalecimiento del enfoque territorial implica no solo identificar estas asimetrías, sino también anticipar las tendencias futuras del sector, tales como:

- El despliegue descentralizado de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FNCER) y microrredes en zonas rurales.
- La demanda creciente de talento en regiones con nuevos proyectos energéticos.

- La necesidad de adaptar las trayectorias formativas a las condiciones sociotécnicas regionales.

Como se observa, a nivel regional persisten asimetrías significativas en cuanto a infraestructura energética, capacidades técnicas locales y demanda de energía. Mientras que zonas como el centro y noroccidente del país cuentan con una infraestructura consolidada y mayores niveles de cobertura y formación especializada, otras regiones presentan rezagos en la disponibilidad de redes, acceso confiable a la electricidad y capital humano calificado. Esta situación resalta la necesidad de estrategias diferenciales que promuevan el cierre de brechas regionales, fortalezcan la formación técnica y profesional en los territorios con menor desarrollo energético, y fomenten iniciativas de transición justa con enfoque territorial.

3.2.4. Estructura empresarial del mercado en el sector eléctrico.

El sector eléctrico colombiano opera bajo un modelo mixto con participación pública y privada. El Gobierno desempeña principalmente un papel regulador, mientras que las empresas privadas dominan la generación y la distribución.

- Generadores: la Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (Acolgen) agremia 16 empresas privadas de generación del sector, que representan alrededor 80% de la capacidad instalada de Colombia. Los principales actores son Empresas Públicas de Medellín (EPM), ISAGEN, Enel Emgesa y AES Colombia (Acolgen, 2024). Estas empresas explotan grandes centrales hidroeléctricas y térmicas. Asimismo, la Asociación Nacional de Empresas Generadoras (ANDEG) reúne 14 empresas generadoras de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, ubicadas en su mayoría en la zona Centro y Caribe del país, y en ZNI del Chocó, Vaupés y Guaviare (ANDEG, 2024).
- Operadores de transmisión: ISA (Interconexión Eléctrica S.A.), que posee cerca del 70% de la red de transmisión eléctrica del país, es en consecuencia la principal empresa de transmisión y gestiona la red nacional y las interconexiones internacionales. Otras de las empresas que participan en el Sistema de Transmisión

Nacional (STN) son Grupo Energía Bogotá (GEB), EPM y TRANSELCA (ISA INTERCOLOMBIA, 2024). Colombia organiza subastas para nuevos proyectos de transmisión en las que pueden participar tanto los nuevos operadores como los operadores de transmisión ya establecidos.

- Distribuidores y minoristas: empresas regionales distribuyen electricidad a los usuarios finales. Las principales empresas comercializadoras de energía eléctrica del país son Enel Colombia, EPM, AIR-E, Celsia Colombia, ISAGEN, Empresas Municipales de Cali (Emcali), ElectroHuila y Electrificadora de Santander. Las comercializadoras compran electricidad en el mercado mayorista para venderla a los consumidores finales, principalmente usuarios regulados (por ejemplo, residenciales y pequeños comercios) cuyas tarifas son establecidas por la Comisión Colombiana de Regulación de Energía y Gas (CREG). Las industrias y otros grandes consumidores, que representan alrededor del 30% de la base total de usuarios, son usuarios no regulados que negocian libremente sus precios de la electricidad en función del comportamiento del mercado (Superservicios, 2024). La Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica (ASOCODIS), agremia a las principales empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica del país (ASOCODIS, 2024).

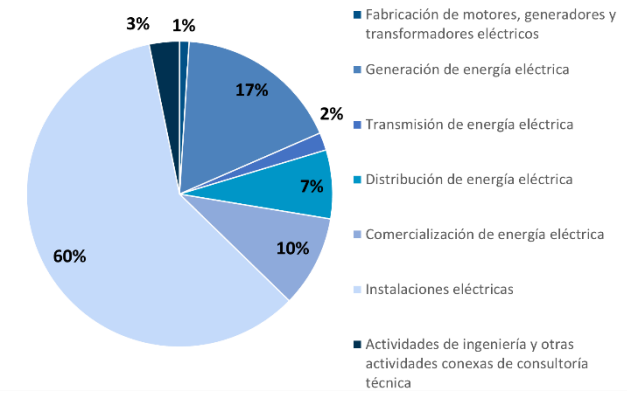
3.2.5. Aporte del sector de energía eléctrica al mercado laboral en términos de empleo.

El sector eléctrico es un gran generador de empleo, sobre todo en la construcción, explotación y mantenimiento de infraestructuras energéticas. Por ejemplo, se estima que el Proyecto Hidroeléctrico de Ituango creó más de 6.000 puestos de trabajo directos durante su fase de construcción (EPM, 2019).

Se presenta a continuación el análisis de los indicadores de mercado laboral de la rama de actividades económicas relacionadas directamente con el área de cualificación PEEL - Producción de Energía y Electricidad, incluyendo aspectos como la tasa de ocupación a nivel departamental, la distribución de los ocupados por sexo y edad, nivel educativo y rango de ingresos laborales entre otros, con base principalmente en la información de mercado laboral (Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística).

Distribución de ocupados en el AC PEEL por subsector económico a nivel nacional

Gráfica 5. Promedio anual ponderado de ocupados por subsector (2021-2024)[11]



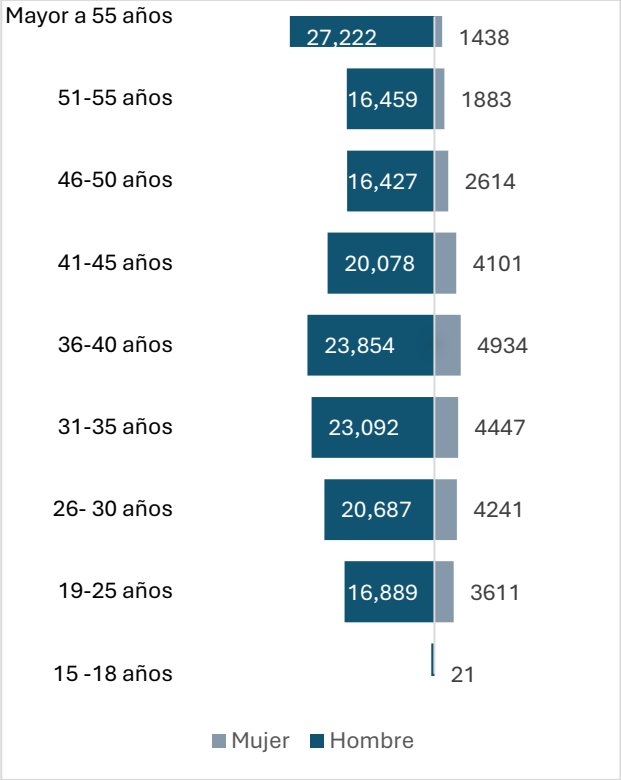
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2024-DANE.

El promedio anual ponderado de ocupados asociados al Área de Cualificación PEEL entre 2021 y 2024 se estima en aproximadamente **192.577**, lo que representa el **0,9%** del total de ocupados a nivel nacional. La mayoría de los ocupados en esta Área se concentran en **actividades de instalaciones eléctricas (57,5%),** seguidas por actividades de generación de energía eléctrica (17%) y comercialización de energía eléctrica (10%). Por otro lado, la actividad económica con menos ocupados es la fabricación de dispositivos de cableado, que representa el 0,09% del total de ocupados en esta Área.

Pirámide de la población ocupada del Área de Cualificación PEEL

[11] Nota al pie: para mejorar la robustez de los resultados y reducir la variabilidad en el tiempo, se aplicó el método de promedio anual ponderado para el periodo 2021 y 2024. Los resultados se presentan con el propósito de ofrecer información más confiable y estable mitigando el bajo nivel de significancia por el tamaño de la muestra del área.

Gráfica 6. Pirámide poblacional de promedio anual ponderado de ocupados (2021-2023).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2023-DANE

El **85,8%** de los ocupados del Área de Cualificación son **hombres**.

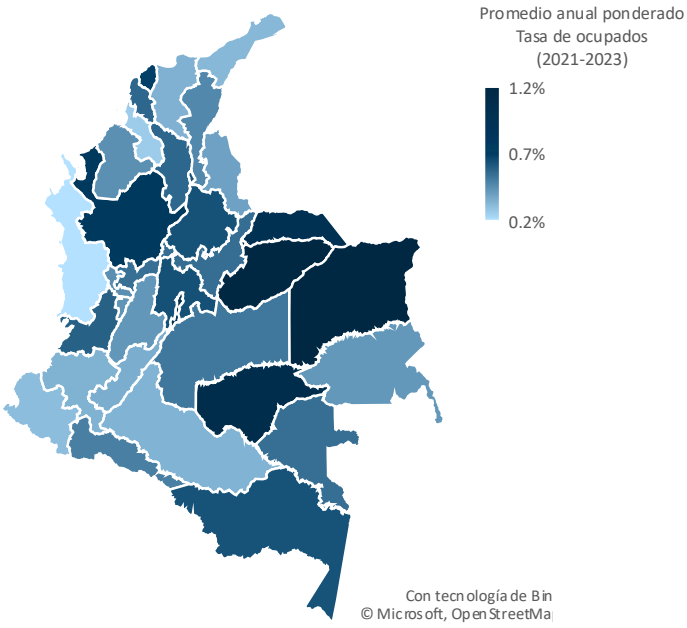
La pirámide poblacional muestra que la mayor concentración de ocupados, tanto hombre como mujeres, se sitúa entre los 36 y los 40 años.

En la mayoría de los grupos de la distribución laboral por edades, los hombres tienen una mayor representación que las mujeres, y esto tiende a ser más marcado a medida que aumenta la edad. Puede decirse que las mujeres tienen una mayor integración laboral en las edades más activas, pero con un descenso significativo a medida que avanzan en edad.

Distribución de ocupados del área por departamentos

Los ocupados del área se concentran principalmente en Bogotá y Antioquía (ambos con un 19%), seguido de Valle del Cauca (10%) y Cundinamarca y Atlántico (ambos con 7%). Por otro lado, si se analiza la tasa de ocupación en cada departamento (promedio anual ponderado 2021-2023), que mide la proporción de ocupados con respecto a la población en edad de trabajar, se destacan departamentos como San Andrés (1,2%) y Vichada (1,1%), pues, aunque no representan una proporción relevante de ocupados en el Área de Cualificación, presentan altas tasas de ocupación. En contraste, aunque el mayor número de ocupados se encuentra en Bogotá y Antioquía, estas personas sólo representan el 0,6% y el 0,7% de la población en edad de trabajar de la capital colombiana, respectivamente.

Gráfica 7. Promedio anual ponderados de la tasa de ocupados (2021-2023)[12]



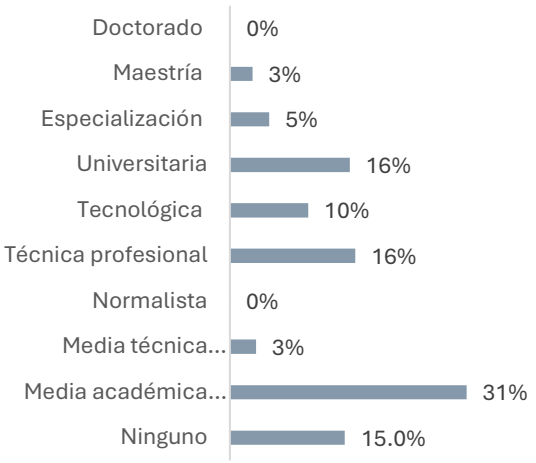
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2023-DANE

2. Nota al pie: se presentan estimaciones a nivel de ciudades para 8 ciudades capitales de la Amazonía y la Orinoquía y San Andrés (se excluye la población de Providencia y el centro poblado y rural disperso).

Población ocupada por nivel educativo del área

El nivel educativo predominante entre los ocupados en el Área es la **formación media (Bachillerato)**, que representa el **31%** de los ocupados. Le sigue un 16% de personas con un nivel educativo universitario, lo que indica que una gran proporción de los ocupados se desempeña tras haber culminado una formación posmedia. Por otro lado, el **51%** de los ocupados ha obtenido títulos de **educación superior**. Dentro de este grupo, un 16% cuenta con formación universitaria, seguido por los niveles de técnica profesional (16%) y tecnológica (10%). Los niveles de formación de posgrado, como especialización (5%) y maestría (3%), tienen una participación más reducida, y se reporta una participación mínima de ocupados con doctorado.

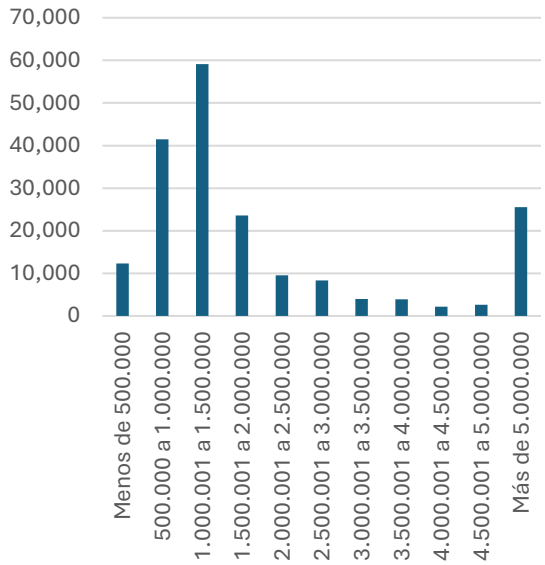
Gráfica 8. Promedio anual ponderado de ocupados por nivel educativo (2021-2023).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2023-DANE.

Población ocupada por rango de ingreso

Gráfica 9. Promedio anual ponderado de ocupados por rango salarial (2021-2023).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la GEIH 2023-DANE.

La distribución de ocupados según su rango de ingresos laborales muestra una alta concentración en los salarios más bajos, con un **31%** de los trabajadores ganando entre **1.000.001 y 1.500.000 COP**, seguido por un 22% en el rango de 500.000 a 1.000.000 COP. En contraste, en los niveles salariales medios y altos, la proporción de ocupados disminuye. En el rango de 1.500.001 a 2.000.000 COP se ubica el 12% de los ocupados, y en los rangos superiores a 2.000.001 COP, hasta 5.000.000 COP, la participación varía entre apenas el 1% y el 5%.

Sin embargo, se destaca que un 13% de los ocupados tiene salarios superiores a 5.000.000 COP, lo que sugiere que, aunque la mayoría de los trabajadores se concentra en los salarios bajos, existe un grupo relevante que accede a ingresos elevados.

La transición energética está transformando profundamente los perfiles ocupacionales del sector. El auge de tecnologías limpias, la digitalización de procesos y la descentralización de la generación imponen nuevas demandas de competencias técnicas, digitales y socioambientales. Esto ha generado la necesidad de reconversión laboral en perfiles tradicionales hacia ocupaciones emergentes, como especialistas en energías renovables, operadores de microrredes, gestores de eficiencia energética y técnicos en movilidad eléctrica. Estos cambios también están promoviendo una mayor integración de

enfoques de empleabilidad verde, con énfasis en la sostenibilidad y la equidad territorial, en particular en regiones que históricamente han estado marginadas del desarrollo energético.

3.2.6. Inclusión, género y diversidad en el talento humano del sector eléctrico.

A pesar de los avances en cobertura eléctrica y crecimiento del sector, persisten brechas importantes de inclusión en términos de género, diversidad étnica y territorial. La participación de mujeres en ocupaciones técnicas y operativas del sector eléctrico sigue siendo baja, al igual que el acceso de poblaciones rurales o indígenas a procesos de formación y cualificación relevantes para el sector. En el marco de la transición energética, se abre una ventana de oportunidad para incorporar enfoques diferenciales que promuevan una mayor equidad. Esto incluye acciones afirmativas en formación técnica y profesional, incentivos para el acceso de mujeres a programas de educación e iniciativas que se centran en el aprendizaje y desarrollo de habilidades en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, fortalecimiento de la oferta formativa en territorios priorizados y promoción de referentes femeninos y diversos en el sector. La inclusión de estos enfoques en el diseño de cualificaciones puede fortalecer la justicia social y mejorar la competitividad del sector a largo plazo.

3.2.7. Proyección a nivel internacional de sector eléctrico.

Gracias a su evolución significativa en las últimas décadas, el sector eléctrico colombiano ha logrado consolidar un mercado diversificado con participación pública y privada. Su proyección internacional está influenciada por varios factores económicos, sociales y tecnológicos que determinan su competitividad en el contexto global.

Colombia juega un papel clave en la integración energética regional, particularmente en la Comunidad Andina (CAN) y el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA). Su capacidad de exportación hacia Ecuador y su potencial de interconexión con Panamá abren oportunidades para la expansión del mercado. Además, la estabilidad regulatoria

del país y su esquema de mercado mayorista lo posicionan como un referente en la región.

El crecimiento del sector ha atraído inversión extranjera directa (IED), especialmente en energías renovables no convencionales (eólica y solar fotovoltaica). Diferentes empresas internacionales han establecido alianzas con actores locales, impulsando la transferencia de tecnología y el desarrollo de infraestructura (PROCOLOMBIA, 2024).

A nivel internacional, la transición hacia energías limpias y la descarbonización de la economía están redefiniendo el sector eléctrico. El crecimiento y modernización del sector exigen una fuerza laboral altamente capacitada, en donde la adopción de tecnologías como redes inteligentes, digitalización y almacenamiento de energía requiere nuevas competencias técnicas y digitales. Mundialmente, la demanda por profesionales en energías renovables, gestión de datos y automatización es creciente, lo que plantea la necesidad de actualizar los perfiles laborales también en Colombia para alinearse con estas tendencias.

En su reporte anual de Energías Renovables y Empleo de 2024, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), junto con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), destaca que las energías renovables dieron empleo directo e indirecto a 16,2 millones de personas en 2023 en todo el mundo, lo que representa un aumento considerable con respecto a los 7,3 millones en 2012, con las mayores contribuciones procedentes de la implementación de instalaciones solares fotovoltaicas, eólicas, hidroeléctricas y de bioenergía (IRENA & OIT, 2024).

Según la Agencia Internacional de Energía, se espera que el subsector de las energías limpias impulse un aumento del empleo en el sector eléctrico de aquí a 2030 en casi todas las regiones del mundo, para alcanzar un total de 17,4 millones. Adicionalmente, las tecnologías y procesos relacionadas con la eficiencia energética, los vehículos eléctricos, la flexibilidad de los sistemas eléctricos, y el hidrógeno verde podrían emplear a otros 45,8 millones de personas a 2030 (IEA, 2024).

3.2.8. Variables prospectivas para la planeación energética.

En el marco de una visión prospectiva del desarrollo sectorial, resulta clave considerar los escenarios energéticos de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), los cuales ofrecen proyecciones sobre la evolución de la demanda, la matriz energética y las necesidades de infraestructura bajo distintos supuestos de crecimiento económico, transición energética y políticas climáticas. Adicionalmente, cobra relevancia la planificación energética basada en clústeres regionales, que permite identificar sinergias entre sectores productivos, cadenas de valor y recursos energéticos disponibles. Estas herramientas, combinadas con principios de economía verde, facilitan una planificación integral que articule sostenibilidad, desarrollo productivo y equidad social, en el marco de los compromisos de Colombia frente al cambio climático.

3.2.9. Implicaciones del entorno socioeconómico para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL.

Las dinámicas socioeconómicas del sector eléctrico en Colombia, marcadas por la heterogeneidad regional, la evolución de la demanda energética y el crecimiento del empleo en actividades asociadas a la transición energética, implican transformaciones en los perfiles ocupacionales requeridos. Por ejemplo, el avance de la cobertura en zonas no interconectadas y rurales exige talento humano con capacidades técnicas adaptadas a contextos territoriales diversos. Asimismo, la creciente importancia de la comercialización, la atención al usuario y la gestión comunitaria de energía crea demanda de perfiles con habilidades sociales, comunicativas y de gestión. Estas transformaciones resaltan la necesidad de cualificaciones flexibles y diferenciadas, que respondan a las condiciones socioeconómicas de cada región y permitan la formación y reconversión de la fuerza laboral local.

Síntesis del entorno socioeconómico

El área de cualificación de Producción de Energía y Electricidad (PEEL) muestra una concentración de ocupados en actividades como instalaciones eléctricas e ingeniería, con una mayoría masculina (81%) y una participación destacada de mujeres en el rango de

26 a 35 años. La mayoría de los ocupados se encuentra en Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca, aunque departamentos más pequeños como Casanare y San Andrés presentan una alta proporción de ocupados en relación con su población. En términos educativos, aunque el bachillerato es el nivel predominante, más de la mitad de los ocupados ha accedido a la educación superior. Sin embargo, se observa una importante concentración de ingresos en los rangos salariales más bajos, con solo un 16% de los ocupados ganando más de 5.000.000 COP. Finalmente, el crecimiento económico del sector ha sido constante, con una notable recuperación tras la pandemia en 2021, lo que destaca su relevancia en la economía del país.

3.3. Entorno tecnológico.

El entorno tecnológico presenta las tecnologías predominantes y algunas tendencias, teniendo en cuenta los procesos y subprocesos incluidos los eslabones de la cadena de valor de generación, transmisión, distribución, comercialización y usuario final activo de energía eléctrica, así como también la cadena de valor de fabricación de aparatos y equipo eléctrico; e, instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo.

3.3.1. Matriz energética.

La capacidad de generación de energía eléctrica de Colombia ha crecido en promedio un 1,7% anual en los últimos 20 años, y el país cuenta actualmente con una capacidad total instalada de cerca de 20.000 megavatios (MW) (XM, 2025). La generación de electricidad está dominada por la energía hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 65% de la capacidad de generación total. Esto se debe a los abundantes recursos hídricos del país y a su terreno montañoso, ideal para las centrales hidroeléctricas. Entre los principales proyectos hidroeléctricos se encuentran la presa de Ituango (2.400 MW de capacidad) y la central hidroeléctrica del Guavio (1.250 MW de capacidad).

Las centrales térmicas para la generación de electricidad, que utilizan gas natural, carbón y petróleo., proporcionan alrededor del 30% de la generación, sirviendo de reserva durante las temporadas de sequía. Con una capacidad total instalada de 918 MW, TEBSA

posee la mayor capacidad de centrales de generación térmica. Las centrales de Termozipa y Termoflores también son instalaciones térmicas clave.

Las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), como la eólica y la solar, están creciendo, pero aún representan menos del 6% de generación (Munar Rincón & Nieto, 2024). Los parques solares en regiones como los departamentos del Cesar, Tolima y Meta, y los proyectos eólicos a gran escala en La Guajira son desarrollos importantes. La capacidad instalada de los proyectos solares y eólicos actualmente en operación en Colombia supera los 1.000 MW (XM, 2025).

En cuanto a la transmisión y distribución de energía eléctrica, las redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN) son el conjunto de líneas y torres de transmisión que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final con el uso de transformadores, postes y cables. Este sistema está conformado por el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR). La expansión del STN se realiza a través de convocatorias públicas de proyectos de transmisión por parte de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

3.3.2. Tecnologías predominantes en el sector eléctrico en Colombia.

Como parte del entorno tecnológico del sector eléctrico, se describen en esta sección las diferentes alternativas de tecnologías utilizadas en los eslabones de generación, transmisión, distribución y comercialización utilizadas en el país, que tienen un impacto en el área de cualificación producción de energía y electricidad.

3.3.2.1. Tecnologías de generación

Energía hidráulica

La energía hidráulica es la principal fuente de energía eléctrica en Colombia, generando la mayor parte de la electricidad en el balance energético. Esencialmente, se provecha la energía del agua que fluye o cae para hacer girar las turbinas hidráulicas, que acopladas a generadores eléctricos producen la energía eléctrica.

- Grandes centrales hidroeléctricas: estas instalaciones, como por ejemplo las centrales del Guavio en Cundinamarca y San Carlos en Antioquia, utilizan grandes presas construidas en ríos principales. Las presas crean embalses de agua a gran altitud, y la posterior caída de esta agua a través de turbinas genera electricidad.
- Centrales hidroeléctricas de pasada: estas centrales utilizan el caudal natural de los ríos para generar electricidad sin necesidad de grandes embalses, lo que reduce su impacto ambiental.

La energía hidráulica es considerada una fuente renovable de energía, aun así, esta depende de condiciones climáticas cada vez más variables, lo que hace que el sistema eléctrico colombiano sea vulnerable. Por ello, es crucial identificar fuentes alternativas de energía renovable que permitan enfrentar escenarios en los que el cambio climático reduzca la disponibilidad del recurso hídrico para la generación eléctrica (Corficolombiana, 2022).

Energía térmica

Las centrales térmicas generan electricidad quemando combustibles fósiles como carbón, gas natural o petróleo para producir calor, que convierte el agua en vapor a alta presión. Este vapor acciona una turbina conectada a un generador, produciendo energía eléctrica (EIA, 2024).

- Centrales de gas natural: las centrales de gas, como Termocandelaria, utilizan turbinas de gas o ciclos de vapor para generar electricidad. Pueden funcionar en modo de ciclo simple, en el que la combustión de gas natural hace girar directamente una turbina, o en modo de ciclo combinado, que mejora la eficiencia utilizando el calor residual para producir energía adicional. El gas natural se considera un combustible fósil más limpio que el carbón y el petróleo, ya que emite niveles más bajos de CO_2, compuestos de azufre y partículas. Su flexibilidad y rápida puesta en marcha lo convierten en un componente crucial de las redes energéticas modernas, especialmente importante durante las estaciones secas, cuando baja la producción de centrales hidroeléctricas, aunque las fugas de metano procedentes de la extracción y

el transporte siguen siendo un problema medioambiental. proporcionan una capacidad de generación flexible.

- Centrales de carbón: el carbón sigue siendo una de las fuentes de energía más utilizadas en el mundo debido a su abundancia y fiabilidad. Colombia también depende del carbón para la generación de electricidad, aunque su cuota en el balance energético está disminuyendo gradualmente debido a las preocupaciones medioambientales asociadas. las centrales eléctricas de carbón emiten cantidades significativas de dióxido de carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas, lo que contribuye a la contaminación atmosférica y al cambio climático.
- Centrales de petróleo: generan electricidad quemando combustibles derivados del petróleo, como el gasóleo o el fuelóleo pesado, para producir vapor o accionar directamente las turbinas. Aunque son menos comunes que las centrales de carbón o gas natural, estas centrales de generación se utilizan en regiones donde el petróleo está fácilmente disponible o como fuentes de energía de reserva. Las centrales de petróleo tienen unos costes operativos elevados y contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero y a la contaminación atmosférica. Debido a estos inconvenientes, se están eliminando gradualmente en favor de fuentes de energía más limpias y rentables, como las renovables y el gas natural.
- Generadores diésel: producen electricidad utilizando un motor diésel para accionar un alternador, convirtiendo la energía mecánica en energía eléctrica. Se suelen utilizar como fuentes de energía de reserva para hogares, empresas, hospitales e industrias, así como en zonas remotas y en las ZNI sin acceso a la red eléctrica nacional (IPSE, 2024). Los generadores diésel son valorados por su fiabilidad, eficiencia de combustible y capacidad para suministrar energía continua o de emergencia. Sin embargo, producen emisiones de dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas que contribuyen a la contaminación atmosférica. Los avances tecnológicos, como los sistemas híbridos y los combustibles más limpios, pretenden reducir su impacto ambiental, pero siguen dependiendo de la disponibilidad y los precios de los combustibles fósiles.

Energías renovables

La energía solar y eólica se perfilan como componentes clave del futuro energético del país. Estos recursos son renovables y ayudan a reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica, que puede ser vulnerable a variaciones estacionales como las sequías, y disminuir el uso de los combustibles fósiles para generar electricidad, contribuyendo así a un futuro energético más sostenible.

- Energía solar fotovoltaica (FV): se convierte la radiación solar directamente en electricidad utilizando materiales semiconductores. Los paneles solares fotovoltaicos contienen células fotovoltaicas que generan una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz solar mediante el efecto fotovoltaico. Estos sistemas pueden instalarse en tejados, integrarse en edificios o desplegarse en parques solares a gran escala. La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y renovable sin emisiones directas de gases de efecto invernadero, lo que la convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente (IRENA, 2024). Sin embargo, su eficiencia depende de la disponibilidad de luz solar, por lo que requiere almacenamiento de energía o integración en la red para gestionar la producción intermitente.
- Energía eólica: se convierte la energía cinética del aire en movimiento en electricidad mediante turbinas eólicas. Estas turbinas tienen aspas que captan la fuerza del viento, haciendo girar un rotor que acciona un generador que produce energía eléctrica. Los parques eólicos pueden estar situados en tierra (onshore) o costa afuera en el mar (offshore), con vientos más fuertes y constantes. La región de La Guajira es especialmente apropiada para la energía eólica por las características de sus vientos (IDEAM, 2017). Como fuente de energía renovable, la energía eólica es limpia, abundante y no emite gases de efecto invernadero durante su funcionamiento. Sin embargo, su eficiencia depende de la disponibilidad de viento, y entre los retos que plantea figuran el uso del suelo, los problemas de ruido y la necesidad de almacenamiento de energía o de integración en la red para gestionar la producción variable.

- Energía geotérmica. aprovecha el calor del interior de la Tierra para producir electricidad. Esta fuente de energía renovable se basa en yacimientos geotérmicos naturales, donde el calor del magma o la desintegración de materiales radiactivos calientan el agua o el vapor subterráneos. Se perforan pozos para acceder a esta energía térmica, que luego se utiliza para accionar turbinas conectadas a generadores. Las centrales geotérmicas funcionan en tres tipos principales: de vapor seco, de vapor de destello (flash) y de ciclo binario, en función de la temperatura y la presión del fluido geotérmico (IRENA, 2017). A diferencia de los combustibles fósiles, la energía geotérmica proporciona un suministro eléctrico continuo y estable con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, lo que la convierte en una opción sostenible para la generación de electricidad.
- Biomasa: los materiales orgánicos, como cultivos energéticos, residuos agrícolas y forestales, y desechos orgánicos municipales, se utilizan para generar energía térmica y eléctrica, a menudo en zonas rurales donde abundan los estos recursos. Las centrales eléctricas convierten la biomasa en energía mediante combustión, gasificación o digestión anaerobia, generando calor que produce vapor para mover turbinas conectadas a generadores. Algunos sistemas también utilizan el biogás, derivado de la descomposición de la materia orgánica, como combustible para la producción de electricidad. Como fuente de energía renovable, la bioenergía ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y puede contribuir a reducir las emisiones de carbono, aunque su sostenibilidad depende de una gestión responsable de las materias primas y de un uso eficiente de la tecnología (IEA, 2021).
- Energía marina: aprovecha la energía cinética y potencial de océanos y mares para producir electricidad. Esta fuente de energía renovable incluye varias tecnologías, como la energía mareomotriz (a partir de las mareas y corrientes profundas), la energía undimotriz (a partir de las olas superficiales), la conversión de energía térmica oceánica (OTEC, por sus siglas en inglés) y la energía de gradiente de salinidad (IRENA, 2020). Los sistemas de energía mareomotriz y undimotriz aprovechan el movimiento del agua para accionar turbinas, mientras que la OTEC explota las diferencias de temperatura entre las aguas superficiales y las profundas para generar

energía. La energía del gradiente de salinidad, o energía osmótica, utiliza el potencial energético creado por las diferencias de concentración de sal entre el agua de mar y el agua dulce. La energía marina ofrece una fuente de energía vasta y predecible con emisiones mínimas de gases de efecto invernadero, aunque los retos tecnológicos y medioambientales siguen limitando su implantación generalizada.

3.3.2.2. Tecnologías de transmisión

La transmisión se refiere al transporte de electricidad desde las centrales eléctricas hasta los consumidores a través de líneas de transmisión de alta tensión.

Corriente alterna de alta tensión (HVAC, por sus siglas en inglés)

La transmisión de corriente alterna de alta tensión consiste en el uso de corriente alterna para enviar electricidad a largas distancias. Es el principal método utilizado para transmitir electricidad en Colombia. Las líneas de alta tensión son necesarias para reducir las pérdidas de energía a larga distancia.

Sistemas flexibles de transmisión de corriente alterna (FACTS, por sus siglas en ingles)

Estos sistemas mejoran la eficiencia de la transmisión de electricidad y aumentan la estabilidad de la tensión en la red. Dispositivos como los SVC (Compensadores Estáticos de VAR) y los STATCOM (Compensadores Síncronos Estáticos) permiten controlar mejor el flujo de electricidad, garantizando una red estable a pesar de las fluctuaciones.

Sistemas de transmisión inteligentes

Las redes inteligentes optimizan el flujo eléctrico utilizando tecnología digital y datos en tiempo real, mejorando la eficiencia de la transmisión y la supervisión de la red. Esto incluye los sistemas de control y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés), que supervisan y controlan las infraestructuras de generación, transmisión y distribución. SCADA utiliza sensores y actuadores para recopilar datos en tiempo real, ofreciendo a los operadores una visión global del sistema para tomar decisiones informadas sobre el funcionamiento de centrales eléctricas, subestaciones y la red. Esto optimiza el

rendimiento, mejora la seguridad y permite una respuesta rápida ante fallos. Aunque SCADA es una tecnología de larga tradición en la industria energética, sigue evolucionando con integraciones digitales avanzadas, impulsando una mayor eficiencia y fiabilidad.

3.3.2.3. Tecnologías de distribución

La distribución es el proceso de entrega de electricidad desde las líneas de transmisión a los hogares, comercios y fábricas.

Transformadores de alta eficiencia

Los transformadores son dispositivos clave en la transmisión y distribución de electricidad, ya que permiten aumentar o disminuir la tensión para transportar electricidad de manera eficiente a largas distancias. En los últimos años, los transformadores de alta eficiencia se han vuelto predominantes, ya que reducen significativamente las pérdidas de energía durante el proceso de transmisión. Estos transformadores utilizan nuevos materiales, como núcleos amorfos y tecnologías avanzadas de aislamiento, que mejoran el rendimiento, disminuyen las pérdidas por calentamiento y contribuyen a una red eléctrica más eficiente y fiable.

Redes de distribución tradicionales e inteligentes

Las redes inteligentes son una versión avanzada de las redes eléctricas tradicionales, que incorporan tecnologías digitales como contadores inteligentes, sensores y sistemas de control automatizados. Permiten una distribución más eficiente, una mejor gestión de la carga y una respuesta más rápida a los cortes.

Muchas zonas siguen dependiendo de las redes de distribución convencionales, que son menos flexibles y eficientes que las modernas redes inteligentes, pero que siguen utilizándose en zonas donde aún se están modernizando las infraestructuras.

Sistemas híbridos en Zonas No Interconectadas (ZNI)

En las regiones alejadas de la red nacional se emplean sistemas híbridos de energía distribuida, a partir de instalaciones solares fotovoltaicas y generadores diésel. Estos

sistemas utilizan la energía solar cuando está disponible y cambian a generadores diésel cuando la luz solar es insuficiente, proporcionando energía fiable en zonas remotas sin acceso a la red (IPSE, 2024).

3.3.2.4. Tecnologías de comercialización

La comercialización se refiere a la venta de electricidad, incluida la medición, la facturación y las relaciones con los clientes.

Contadores inteligentes y facturación digital

Los contadores inteligentes son dispositivos digitales que miden y registran el consumo de electricidad en tiempo real y permiten la comunicación bidireccional entre las empresas comercializadoras y los consumidores. Estos contadores permiten lecturas automatizadas, una mayor precisión y una tarificación dinámica, en la que los consumidores pueden pagar diferentes tarifas en función de cuándo utilizan la electricidad, al igual que la microgeneración e inyección de electricidad a la red por parte de los usuarios.

Programas de eficiencia energética

Las empresas de servicios públicos ofrecen programas de eficiencia energética para incentivas a los usuarios a consumir menos electricidad durante las horas pico. La medición inteligente y los programas de respuesta a la demanda también forman parte de estos esfuerzos, ayudando a equilibrar el consumo de electricidad con la disponibilidad.

Almacenamiento de energía

Las tecnologías de almacenamiento de energía ayudan a almacenar electricidad para su uso posterior, algo crucial para equilibrar fuentes de energía renovables intermitentes como la eólica y la solar con la demanda, en un sistema que debe balancear de forma constante la generación y el consumo de energía eléctrica.

- Sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS, por sus siglas en inglés): se utilizan baterías de iones de litio y otros tipos para transformar y almacenar el exceso de electricidad en energía química, y liberarla cuando sea necesario, mejorando la

estabilidad de la red, o aumentando la autonomía de sistemas de energía renovable de pequeña escala sin acceso a la red.

3.3.3. Valoración del impacto de la tecnología en el desempeño laboral.

Las tecnologías actuales del sector de la energía eléctrica en Colombia requieren una gran cantidad de mano de obra en múltiples disciplinas. Las centrales hidroeléctricas y térmicas requieren ingenieros especializados en ingeniería eléctrica, mecánica y civil. Estas instalaciones también emplean a operadores de planta, técnicos de sala de control y personal de mantenimiento para garantizar el funcionamiento continuo y la fiabilidad.

El sector de transmisión y distribución emplea a ingenieros eléctricos, operadores de sistemas y trabajadores de líneas responsables del mantenimiento de la infraestructura de la red eléctrica colombiana. Con el aumento de la digitalización, crece la demanda de especialistas en TI para apoyar la automatización de la red, expertos en ciberseguridad para proteger la infraestructura y analistas de datos para optimizar los flujos de energía.

En el sector de la comercialización, el auge de la facturación digital y los contadores inteligentes ha provocado un descenso de la demanda de lectores de contadores tradicionales, al tiempo que ha aumentado la necesidad de representantes de atención al cliente formados en herramientas digitales, consultores en eficiencia energética y desarrolladores de software que gestionen interfaces de redes inteligentes.

Mientras tanto, la expansión de las energías renovables, como la solar y la eólica, ha impulsado la demanda de técnicos especializados, gestores de proyectos y expertos en integración en red. Los proyectos de almacenamiento de energía también requieren conocimientos en gestión de baterías y electrónica de potencia, lo que crea nuevas oportunidades de empleo en el sector.

Los avances tecnológicos están cambiando drásticamente el panorama laboral en el sector energético de Colombia. La automatización, la inteligencia artificial y las redes inteligentes están mejorando la eficiencia operativa y reduciendo la demanda de mano de obra en las funciones tradicionales, al tiempo que aumentan la necesidad de mano de

obra altamente cualificada en puestos relacionados con las fuentes de energía renovable y la tecnología.

De cara al futuro, se espera que el panorama tecnológico del sector eléctrico colombiano evolucione significativamente como parte de un proceso más amplio de transición energética. Esta transición implica una transformación estructural del sistema energético nacional hacia modelos más sostenibles, descentralizados y digitalizados, con una creciente participación de fuentes renovables no convencionales. En este contexto, la integración de soluciones como la energía solar, eólica y de biomasa, junto con herramientas digitales avanzadas, se vuelve prioritaria. Los avances en tecnologías de almacenamiento de energía son esenciales para garantizar un suministro continuo y estable a partir de fuentes intermitentes. Asimismo, el desarrollo del hidrógeno verde como vector energético complementario no solo tiene el potencial de revolucionar la generación eléctrica, sino también de descarbonizar sectores industriales y de transporte. Estas transformaciones tecnológicas traen consigo importantes implicaciones para el talento humano del sector, que deberá adquirir nuevas competencias en sistemas híbridos, gestión energética digital, automatización, ciberseguridad y operación de infraestructuras resilientes, para responder a los desafíos de un sistema eléctrico bajo en carbono y más flexible. Entre los avances tecnológicos y las tendencias del sector eléctrico cabe mencionar:

3.3.3.1.1. Futuras tecnologías de generación

Expansión de las energías renovables y la hidroeléctrica

- Energía solar fotovoltaica: a medida que disminuyen los costes, se generalizan las instalaciones de energía solar, especialmente en las zonas rurales con alta radiación solar.
- Parques eólicos costa afuera: aunque todavía en fase inicial, la energía eólica marina es una posibilidad de futuro en Colombia, sobre todo a lo largo de la costa caribe (MME, 2024).

- Centrales hidroeléctricas con almacenamiento por bombeo: el agua se bombea a una cota más elevada cuando la demanda de electricidad es baja y se libera para generar electricidad cuando la demanda es alta, lo que ayuda a equilibrar la red (MME, UPME, DEA & Emergente, 2025).
- Energía hidroeléctrica a pequeña escala: aunque Colombia tiene una larga historia de energía hidroeléctrica, cada vez se presta más atención a la exploración de nuevas oportunidades para la energía hidroeléctrica a pequeña escala con instalaciones con menor impacto que la energía hidroeléctrica a gran escala o inmersos directamente en pequeños.

Producción de hidrógeno verde

El hidrógeno verde se produce utilizando energías renovables (como la eólica o la solar) para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno puede utilizarse como combustible limpio para las industrias o almacenarse para su uso posterior, ayudando a descarbonizar sectores difíciles de electrificar (MME, 2021).

Expansión del almacenamiento de energía

- Almacenamiento en baterías a gran escala: las baterías de iones de litio a gran escala serán cruciales para almacenar la energía de proyectos renovables conectados a la red y gestionar eficazmente y de forma confiable la oferta y la demanda (MME, UPME, DEA & Emergente, 2025).
- Almacenamiento por bombeo: como se mencionó, esta tecnología también actúa como sistema de almacenamiento a gran escala bombeando grandes cantidades de agua a mayor altura y liberándola cuando es necesario para generar electricidad. La expansión de centrales hidroeléctricas con almacenamiento por bombeo podría aportar más flexibilidad y confiabilidad a la red (MME, UPME, DEA & Emergente, 2025).

3.3.3.1.2. Futuras tecnologías de transmisión

Corriente continua de alta tensión (HVDC, por sus siglas en inglés)

La transmisión HVDC utiliza la corriente continua para transportar electricidad a largas distancias, con una pérdida mínima de energía. Esto será esencial para transmitir eficientemente energía desde plantas renovables remotas, como las de La Guajira, a los centros urbanos (MME, 2022).

Inteligencia artificial (IA), Big Data y redes inteligentes

- La IA ayudará a optimizar el funcionamiento y el mantenimiento de las líneas de transmisión. Puede predecir cortes, identificar vulnerabilidades y ayudar a ajustar el flujo de electricidad de forma más eficiente en tiempo real, reduciendo costes y mejorando la estabilidad de la red (MME, 2022).
- El análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) también permite mejorar el mantenimiento predictivo de la infraestructura, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la eficiencia. La integración de estas tecnologías proporciona una red inteligente más flexible y eficiente, capaz de responder de manera más efectiva a los desafíos del futuro energético.
- A medida que la red eléctrica se vuelve cada vez más digital, la ciberseguridad es una preocupación creciente. Proteger las infraestructuras críticas de los ciberataques es esencial para garantizar la fiabilidad de la red.

3.3.3.1.3. Futuras tecnologías de distribución

Sistemas energéticos descentralizados

Los sistemas de energía distribuida y Las microrredes permitirán a las comunidades locales generar, almacenar y gestionar su propia energía, especialmente en zonas remotas (MME, 2025). Esto reducirá la dependencia de la red nacional y aumentará la seguridad energética de la población colombiana.

Blockchain para el comercio de energía

La tecnología Blockchain podría facilitar el comercio de energía entre usuarios, permitiendo a los consumidores comprar y vender electricidad directamente entre sí. Esta

tecnología apoyará unos mercados energéticos más descentralizados y flexibles (Iberdrola, 2024).

Respuesta avanzada a la demanda

Los sistemas de respuesta a la demanda basados en IA permitirán a los consumidores ajustar automáticamente su consumo de energía en función de los datos en tiempo real y las señales de precios. Esto ayudará a equilibrar la oferta y la demanda, reduciendo la tensión en la red y permitiendo a los consumidores ahorrar dinero.

3.3.3.1.4. Futuras tecnologías de comercialización

Blockchain para transacciones energéticas

Blockchain también podría revolucionar las transacciones energéticas entre comercializadoras y usuarios, haciéndolas más transparentes, seguras y eficientes. Podría eliminar intermediarios y permitir intercambios directos de energía entre productores y consumidores.

Sistemas de vehículo a red (V2G, por sus siglas en inglés)

A medida que se generalice el uso de vehículos eléctricos, sus baterías podrían utilizarse para almacenar energía, que posteriormente podría venderse a la red cuando fuera necesario. Esta tecnología podría contribuir a estabilizar la red durante los picos de demanda.

3.3.3.1.5. Otras tendencias clave

Creciente automatización de las actividades del sector

La automatización ha avanzado rápidamente en la operación de plantas generadoras y subestaciones. Sistemas automáticos gestionan las redes eléctricas en tiempo real, disminuyendo la necesidad de intervención humana en algunas funciones. Las ocupaciones relacionadas con trabajos manuales, como la inspección y mantenimiento, están siendo reemplazadas por tecnologías automatizadas y drones, que permiten la monitorización remota y la inspección visual de líneas eléctricas y equipos en lugares de difícil acceso.

Electrificación de otros sectores

La electrificación de sectores clave, como el transporte, la industria y la calefacción, está avanzando a medida que los gobiernos y las empresas buscan reducir su huella de carbono. En el transporte, los vehículos eléctricos están ganando terreno rápidamente, mientras que en la industria, se están desarrollando tecnologías para electrificar procesos que tradicionalmente dependían de combustibles fósiles. La electrificación de estos sectores será fundamental para alcanzar los objetivos de descarbonización, aunque también plantea el reto de aumentar la capacidad de generación eléctrica a partir de FNCER y garantizar la estabilidad de la red.

Captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés)

Consiste en capturar dióxido de carbono (CO2) de fuentes industriales (como centrales eléctricas o fábricas) o incluso directamente de la atmósfera. El CO2 capturado luego se transporta y almacena permanentemente bajo tierra en formaciones geológicas adecuadas, como yacimientos de petróleo y gas agotados. Esta tecnología se considera una estrategia clave para reducir las emisiones de industrias difíciles de descarbonizar por otros medios, como la producción de cemento y acero. Aunque actualmente se enfrentan retos relacionados con su costo y su implementación a gran escala, se considera propuesta muy prometedora para reducir la concentración gases de efecto invernadero en la atmosfera y una herramienta importante para mitigar el cambio climático (UPME, 2022).

Programas de eficiencia energética

La mejora de la eficiencia energética de edificios, electrodomésticos y procesos industriales es una estrategia clave para reducir el consumo de energía eléctrica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Obsolescencia tecnológica

Con el ritmo acelerado de los avances tecnológicos, algunas tecnologías tradicionales del sector eléctrico corren el riesgo de quedarse obsoletas. El impulso hacia la

descarbonización y las prácticas sostenibles está acelerando la obsolescencia de los métodos tradicionales de generación de energía eléctrica basados en combustibles fósiles, especialmente el carbón, en favor de tecnologías renovables más limpias.

Entre los factores clave que impulsan la obsolescencia tecnológica, cabe mencionar:

- Disminución de la energía de carbón: el creciente énfasis en la descarbonización y la creciente competitividad de las fuentes de energía renovables están haciendo que las centrales eléctricas de carbón sean menos viables económicamente.
- Envejecimiento de las infraestructuras: muchas centrales eléctricas existentes, sobre todo las que dependen de carbón, están envejeciendo y requieren importantes inversiones para su mantenimiento y modernización. Estas inversiones pueden no ser económicamente justificables dada la creciente disponibilidad de fuentes de energía renovables más limpias y rentables.
- Normativa medioambiental: las normativas medioambientales más estrictas, incluidas las destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, están dificultando y encareciendo cada vez más el funcionamiento de las centrales eléctricas de carbón.

3.3.3.2. Impacto de la tecnología en el mercado laboral del sector eléctrico

Impacto de las tecnologías actuales

Las tecnologías actuales en el sector de energía eléctrica de Colombia exigen una fuerza laboral significativa en múltiples disciplinas. Las centrales hidroeléctricas y térmicas requieren ingenieros eléctricos, mecánicos y civiles especializados. Estas instalaciones también emplean operadores de planta, técnicos de sala de control y personal de mantenimiento para garantizar un funcionamiento continuo y confiable.

Los subsectores de transmisión y distribución emplean ingenieros eléctricos, operadores de sistemas y trabajadores de línea responsables del mantenimiento de la infraestructura de la red eléctrica nacional. Con el aumento de la digitalización, aumenta la demanda de especialistas en tecnologías de la información (TI) para respaldar la automatización de la

red, expertos en ciberseguridad para proteger la infraestructura y analistas de datos para optimizar los flujos de energía.

En el sector de la comercialización, el aumento de la facturación digital y los medidores inteligentes ha llevado a una disminución de la demanda de lectores de medidores tradicionales, al tiempo que aumenta la necesidad de representantes de servicio al cliente capacitados en herramientas digitales, consultores de eficiencia energética y desarrolladores de software que administran interfaces de redes inteligentes.

Mientras tanto, la expansión de las energías renovables, como la solar y la eólica, ha impulsado la demanda de técnicos especializados, gerentes de proyectos y expertos en integración a la red. Los proyectos de almacenamiento de energía también requieren experiencia en gestión de baterías y electrónica de potencia, lo que crea nuevas oportunidades de empleo en el sector.

Impacto de las tecnologías futuras

El futuro del sector eléctrico colombiano se caracterizará por un cambio hacia la digitalización, la automatización y los sistemas energéticos descentralizados con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), lo que traerá tanto oportunidades como desafíos para el mercado laboral.

Expansión de puestos de trabajo en energías renovables

A medida que Colombia expanda su capacidad de energía solar, eólica y otras FNCER, crecerá la demanda de ingenieros, tecnólogos y técnicos especializados en el diseño, instalación, mantenimiento, monitoreo y gestión de sistemas de energía renovable. Se requerirán programas de capacitación para equipar a los trabajadores con las habilidades particulares necesarias para cada tipo de energía.

Inteligencia artificial y automatización

Las redes inteligentes impulsadas por inteligencia artificial y mantenimiento predictivo reducirán la necesidad de inspecciones manuales y administración de la red, lo que conducirá a un cambio en las funciones laborales del trabajo de campo a la supervisión

digital y el análisis de datos. Los ingenieros, científicos de datos y especialistas en TI desempeñarán un papel clave en la gestión de estos sistemas.

Blockchain y comercio descentralizado de energía

El comercio de energía basado en Blockchain requerirá profesionales capacitados en ciberseguridad, desarrollo de tecnologías de Blockchain y transacciones financieras digitales entre usuarios finales (P2P). Los roles tradicionales en la comercialización de electricidad evolucionarán para incluir experiencia en contratos inteligentes y mercados descentralizados.

Infraestructura de vehículos eléctricos

A medida que los vehículos eléctricos se integren más con la red, surgirán trabajos relacionados con la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, la gestión de baterías y los sistemas de vehículo a red (V2G), que requerirán capacitación especializada en electrónica de potencia y gestión del almacenamiento de energía.

Disminución de la generación de electricidad a base de carbón

La disminución de la generación de electricidad a base de carbón tendrá repercusiones significativas para la fuerza laboral como el desplazamiento de puestos de trabajo, ya que los trabajadores empleados no solo en la minería y el transporte de carbón, sino en la operación y mantenimiento de centrales eléctricas de carbón pueden experimentar pérdidas de empleo a medida que se desmantelan o reducen estas instalaciones. De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía, el uso de energías renovables en la generación de electricidad agregó más de 2,2 millones de empleos de 2019 a 2023, mientras que la fuerza de trabajo en las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles disminuyó un 6% durante el mismo período (IRENA & OIT, 2024).

Adicionalmente, las habilidades requeridas para los trabajos en el creciente sector de las energías renovables, como la instalación de paneles solar fotovoltaicos, el mantenimiento de turbinas eólicas y la modernización de la red, difieren significativamente de las requeridas en las centrales eléctricas tradicionales de carbón y demás combustibles

fósiles, por lo cual los trabajadores de la industria del carbón deberán reentrenarse y mejorar sus habilidades relacionadas con estas nuevas tecnologías del sector para mantenerse vigentes en el mercado laboral.

Usuario final activo

Uno de los principales efectos de la transición energética es la transformación del modelo tradicional de generación centralizada hacia esquemas distribuidos y bidireccionales. En este nuevo paradigma, el usuario final deja de ser un simple consumidor para convertirse en un prosumidor activo, es decir, un actor que consume pero también produce y gestiona su propia energía, lo que implica la adopción de las tecnologías mencionadas, como paneles solares residenciales, sistemas de almacenamiento en baterías y soluciones de gestión inteligente y flexible del consumo. Este cambio requiere el desarrollo de nuevas capacidades en ámbitos como el monitoreo digital, la instalación de sistemas distribuidos, la gestión comunitaria de la energía y la operación de mercados locales, lo que a su vez redefine las cualificaciones laborales requeridas por el sector.

Esta transformación tecnológica del sector eléctrico trae consigo oportunidades para mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la gestión inteligente de la energía, pero también implica riesgos emergentes que deben ser gestionados. En particular, el avance de las redes inteligentes, la automatización de procesos y la digitalización de la infraestructura han elevado la exposición del sector a riesgos de seguridad cibernética, que podrían afectar tanto la operación continua como la integridad de los datos. Es fundamental desarrollar indicadores de madurez tecnológica, gestión de riesgos y ciberseguridad, así como fortalecer las capacidades humanas y organizacionales para anticipar y mitigar estos desafíos. La incorporación de estas variables en la planificación sectorial contribuye a una transición energética más segura, resiliente e inclusiva.

3.3.4. Implicaciones del entorno tecnológico para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL.

La acelerada transformación tecnológica del sector eléctrico colombiano, impulsada por la digitalización, automatización y adopción de tecnologías renovables más limpias, está redefiniendo los requerimientos de competencias del talento humano. Se incrementa la demanda de técnicos y profesionales con conocimientos en sistemas de control y adquisición de datos, mantenimiento predictivo, redes inteligentes, ciberseguridad y análisis de datos energéticos. Al mismo tiempo, surgen ocupaciones emergentes asociadas a tecnologías específicas como la energía solar fotovoltaica y eólica, la gestión de almacenamiento de electricidad y la movilidad eléctrica. Esto plantea el reto de actualizar las cualificaciones existentes y diseñar nuevas rutas formativas que integren habilidades técnicas, digitales y transversales, de cara a una operación más eficiente, segura y resiliente del sistema energético.

Síntesis del entorno tecnológico

- Las redes eléctricas están migrando rápidamente hacia un modelo más inteligente y flexible. La implementación de redes inteligentes (smart grids), junto con la integración de fuentes de energía renovable, exige nuevas capacidades técnicas para su gestión que implican una actualización en las competencias del personal técnico que gestiona estas infraestructuras, especialmente en la operación de microrredes, sistemas automatizados y redes descentralizadas.
- La automatización de operaciones en plantas generadoras, la instalación de tecnologías de almacenamiento de energía y la digitalización de los sistemas de control han reducido la necesidad de ocupaciones manuales y tradicionales, como la operación física de plantas y la supervisión en sitio. Estas ocupaciones están siendo reemplazadas por roles más especializados en monitorización remota, análisis de datos y operación automatizada, que podría requerir una reestructuración de los programas de formación profesional en el sector.
- El sector eléctrico requiere cada vez más expertos en el manejo de grandes volúmenes de datos (Big Data) e inteligencia artificial para optimizar el uso de los recursos

energéticos, predecir la demanda y mejorar la eficiencia de las plantas generadoras. Profesionales con capacidades en ciberseguridad, análisis predictivo y gestión de redes inteligentes serán cada vez más necesarios en todas las etapas de la cadena de valor del sector energético.

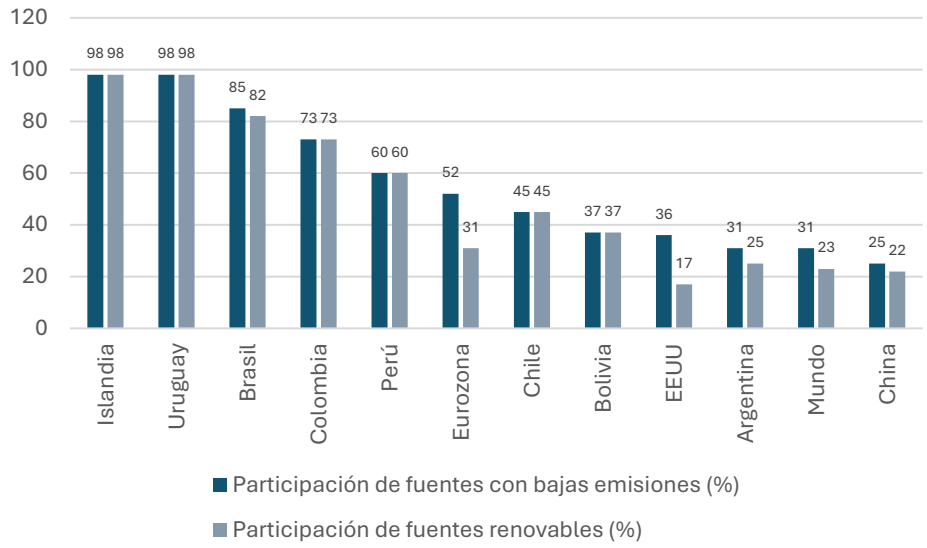
- La electrificación del transporte, la industria y otros sectores clave está acelerando el desarrollo de nuevas infraestructuras eléctricas y aumentando la demanda de ingenieros eléctricos y especialistas en sistemas de energía. A medida que más industrias migren hacia el uso de energía eléctrica en lugar de combustibles fósiles, se requerirá una rápida expansión de los sistemas de generación y distribución, lo que tendrá un impacto directo en las capacidades técnicas necesarias para construir y operar estas infraestructuras.
- Las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS), junto con el desarrollo de hidrógeno verde, están avanzando rápidamente para descarbonizar los procesos de generación de energía basados en combustibles fósiles. Esto genera nuevas oportunidades laborales en la investigación y el desarrollo de tecnologías sostenibles, así como en la implementación de infraestructuras asociadas a la generación limpia.
- La velocidad de los cambios tecnológicos en el sector plantea un desafío para los sistemas educativos y de formación. Las instituciones técnicas y universitarias deberán adaptar sus currículos para integrar las nuevas tecnologías emergentes, como el almacenamiento de energía a gran escala, la generación distribuida y las microrredes.

3.4. Entorno ambiental.

En el entorno ambiental, como consecuencia del aumento de la demanda y los precios de la energía y la implementación de políticas para la reducción del calentamiento global, las fuentes de energías renovable se han popularizado, dando importancia en la matriz energética del país, con miras a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 20% al 51% para 2030; como parte de la "reactivación sostenible" del desarrollo económico del país.

De acuerdo con la UGME, (2023), las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) son el foco de la transición por sus bajas o nulas emisiones y su disponibilidad. Los costos de producción y almacenamiento de estas tecnologías han venido disminuyendo a medida que la curva de aprendizaje avanza, esto promueve un ambiente propicio para generar mayor inversión en este sector. En el contexto internacional, Colombia se encuentra entre los países con mayor participación de renovables pero las no convencionales aún tienen baja participación, como se indica a continuación.

Gráfica 10. Participación de Colombia - fuentes renovables y de bajas emisiones en la matriz energética (% del total de la matriz energética) contexto mundial.



Fuente: BBVA Research con datos de UPMEG.

3.4.1. Aspectos e impactos ambientales del área de cualificación PEEL.

Colombia es un país privilegiado que cuenta con características geográficas, topográficas e hidro climatológicas que garantizan abundancia de recursos naturales aprovechables para la generación de energía eléctrica (Ángel-Sanint, García-Orrego, & Ortega, 2023)

Sin embargo, el mayor recurso de generación de electricidad es el agua, 70 % del sistema de producción de energía depende de este recurso, lo que hace que sea vulnerable a

eventos extremos como el fenómeno del Niño o la niña que lo afectan por abundancia o por escasez (Cortes & Arango, 2017)

De ahí, que los fenómenos climáticos han ocasionado efectos negativos en el sector eléctrico colombiano, en particular asociados al fenómeno del niño entre 1992 y 1993 y, nuevamente, entre 2014 y 2015 (Bersano & Paredes, 2017)

La vulnerabilidad climática del sistema hidroeléctrico y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que provienen de la utilización de fuentes de energía fósiles, conllevado a buscar alternativas que permitan que se genere electricidad con un mínimo impacto ambiental y con emisiones de CO2 bajas, promoviendo así la descarbonización (MinEnergía, 2023)

De acuerdo con el Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), en 2018 el país emitió 279,19 millones de toneladas CO2e, que representan el 0,39 % de las emisiones del mundo. Entre 1990 y 2018 la composición promedio de las emisiones fue de 63,4 % proveniente de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por su sigla en inglés); 28,4 % de energía; 5,3 % de residuos y 2,9 % de procesos industriales y uso de productos (IPPU, por su sigla en inglés) (IDEAM, y otros, 2021).

De acuerdo a lo anterior, la generación de electricidad en Colombia ha disminuido la dependencia de grandes proyectos hidroeléctricos, situación positiva, sin embargo, en los períodos de sequía, los precios de la electricidad se aumentan considerablemente y con ello, se ha visto aumentado la generación de energía con combustibles fósiles (SENA, 2013), situación negativa porque este tipo de generación, además de afectarse por la volatilidad en los precios de combustible, presenta altos niveles de contaminación ambiental (IDEAM, y otros, 2021).

Igualmente, el uso intensivo del agua en la generación hidroeléctrica presenta varios desafíos ambientales. Estos incluyen conflictos por la disponibilidad del recurso hídrico, contaminación por desechos de agua caliente y aceitosos, y afectaciones a la

biodiversidad acuática, como la interrupción de las migraciones de peces y la erosión en áreas aguas abajo de embalses.

3.4.2. Normatividad ambiental de actividades del área de cualificación PEEL.

El funcionamiento del sistema eléctrico colombiano se rige principalmente por la regulación de la Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG. Sin embargo, la CREG no tiene responsabilidades en temas ambientales para el sector. Por lo tanto, los proyectos del sector deben seguir los términos de referencia, que son las directrices generales para la elaboración y desarrollo del diagnóstico ambiental y metodologías dispuestas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Con base a los términos de referencia, los proponentes de proyectos localizan, identifican y evalúan los potenciales riesgos e impactos ambientales a partir de la caracterización de las áreas de influencia del proyecto, por componente o medio (físico, biótico, social). A partir de esto, se describen las condiciones con y sin proyecto y se hace un análisis de los impactos residuales, acumulativos y sinérgico (MADS, 2018)

Así mismo, la infraestructura requerida para el funcionamiento del sector energético, conformado por distintas entidades y empresas que cumplen diversas funciones en los mercados de generación, transmisión, comercialización y distribución de energía, se encuentra sometida en su gran mayoría al trámite de licencias ambientales, debido a su vocación de producir graves deterioros a los recursos naturales o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje, requisitos originalmente concebidos por la Ley 99 de 1993.

El Decreto 1076 de 2015 define la competencia de las autoridades ambientales para el otorgamiento de licencias ambientales del sector eléctrico; así, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– (art. 2.2.2.3.2.2.) es la entidad que se encarga de los permisos para la construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a 100 MW; de los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad

instalada superior o igual a 100 MW y del tendido de líneas de transmisión del Sistema de Transmisión Nacional –STN (MADS, 2018).

3.4.2.1. Impactos ambientales

Los impactos en la sostenibilidad del sector eléctrico abarcan las dimensiones físicas, bióticas, sociales, económicas y culturales con efectos positivos y negativos y diferentes valoraciones de acuerdo con la actividad y proyecto que se desarrolle (Cifuentes & Giraldo, 2016)

La ley 143 de 1994, o Ley Eléctrica establece, en los artículos 50 y siguientes, asigna deber a todas las empresas que cumplan una de las actividades de generación, transmisión, o distribución de energía, para que prevengan y controlen los factores de deterioro ambiental. Además, en el artículo 51 se señala la obligación a las empresas públicas, privadas o mixtas que emprendan proyectos susceptibles de producir deterioro ambiental, para que eviten, mitiguen reparen y compensen los efectos negativos sobre el medio natural o social. También exige que todas las actividades susceptibles de producir deterioro ambiental deben obtener la licencia ambiental

3.4.2.1.1. Impactos de las redes de transmisión

Tabla 6. Descripción de impactos y medidas de manejo en proyectos de líneas de transmisión eléctrica.

Etapa	Actividad	Impacto	Descripción del impacto	Medidas de manejo
Construcción y Operación	Diseño y pre-construcción (adquisición de servidumbres)	Modificación del uso del suelo	Limitan el uso de terrenos y puede generar fragmentación de uso de suelo circunvecino y patrones culturales de distribución de la tierra	Aplicación de política empresarial para la adquisición de servidumbre y daño de infraestructuras. Educación ambiental.
		Alteración del paisaje	Cambios en paisaje o topográficos	Selección óptima de corredor, ruta o sitio de la subestación Manejo de vegetación Compensación al impacto biótico, rescate de información de biodiversidad.
		Pérdida o afectación a biodiversidad	Eliminación de formaciones vegetales localizadas en bosques primarios o secundarios, páramos y ecosistemas estratégicos	

Operación	Adecuación de sitios de torre, cimentación, relleno y compactación. Control de estabilidad de sitios de torre.	Desestabilización de praderas	Remoción de cobertura vegetal, movimientos superficiales o profundos del material terreo, desequilibrio de terreno por excavación. Remoción de masas y erosión.	Selección óptima de corredor, ruta o sitio de la subestación. Conservación y restauración geotécnica, manejo de residuos sólidos y manejo de vegetación.
Construcción	Replanteo de construcción, transporte y montaje de torres, despeje de servidumbre, patios o estaciones de tendido e izado del conductor.	Afectación de cuerpos de agua	Alteración de la cantidad y calidad física, química o biológica del recurso hídrico o modificación del drenaje natural, aporte de sedimentos, alteración dinámica fluvial, aguas residuales y residuos líquidos con altos contenidos de grasas y aceites.	Conservación y restauración geotécnica, manejo de cuerpos de agua, manejo de vegetación, Selección óptima de corredor, ruta o sitio de la subestación y manejo del parque automotor.
Repotenciación	Desmonte y remplazo del conductor, ampliación del corredor y montaje de torres	Pérdida de cobertura vegetal	Disminución de biomasa vegetal, alteración calidad del paisaje, modificación de hábitat de fauna silvestre inducción o aceleración de procesos erosivos y alteración a cantidad y calidad del agua.	Selección óptima de corredor, ruta o sitio de la subestación, manejo de accesos, salvamento biótico: flora y fauna, compensación al impacto biótico.
Desmantelamiento	Desmonte del conductor	Afectación matriz de vegetación		

Fuente: adaptación de la Guía ambiental para proyectos de transmisión de energía eléctrica. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, septiembre de 1999.

Igualmente, las líneas de transmisión eléctrica pueden afectar a las aves de dos formas principales: la colisión contra el cable de guarda y los conductores y la fragmentación de sus hábitats (especialmente bosques) con la apertura y mantenimiento de las franjas de servidumbre (Rosselli & De La Zerda 1996). En este aspecto las empresas electrificadoras frente a este impacto, deben realizar compensación y restaurar o realizar actividades de conservación en áreas cercanas de hábitat similar, para asegurar que las pérdidas en la población puedan ser reemplazadas.

Tabla 7. Descripción de impactos y medidas de manejo en proyectos de subestaciones de electricidad.

Etapa	Actividad	Impacto	Descripción del impacto	Medidas de manejo
Construcción y Operación	Fundaciones de equipos, edificaciones y obras de infraestructura. Instalación equipos electromecánicos y cableado	Contaminación atmosférica	Emisión de Co2 y CO Escape de gases (hexafluoruro de azufre y clorofluocarbonados). Emisión de vapores ácidos en la sala deba de baterías. Generación de ruido en las plantas de transformación y plantas diésel y emisión de material particulado.	Manejo del parque automotor Manejo de contaminación
Desmantelamiento	Desmonte de equipo electromecánico. Demolición de obras civiles			

Fuente: adaptación de la Guía ambiental para proyectos de transmisión de energía eléctrica. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, septiembre de 1999.

3.4.2.1.2. Impactos por generación de residuos.

Se señala así mismo, que la tecnología de fabricación de los aparatos eléctricos y electrónicos constituyentes de la instalación respecto al contenido de componentes, sustancias o mezclas peligrosas (celdas fotovoltaicas, baterías, inversores, reguladores, sensores, etc.). Los cuales generan residuos que requieren manejo adecuado, se incluyen en los denominados Residuos Sólidos Urbanos (RSU), residuos peligrosos (RESPEL), y se los relacionados con el manejo final de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y que en Colombia su estimación para el 2021 fue de 197 kt (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022)

De acuerdo con la legislación colombiana (Ley 1672 de 2013), en la gestión de los RAEE, los sistemas de recolección y gestión son responsabilidad de los Productores (fabricantes e importadores de los RAEE) con el apoyo de los comercializadores y la participación de los consumidores. El país cuenta con tres categorías de regulación de los RAEE bajo sistemas de recolección selectiva:

- Computadores y periféricos (Resolución 1512 de 2010)
- Lámparas/bombillas ahorradoras (Resolución 1511 de 2010)
- Pilas y acumuladores portátiles (Resolución 1297 de 2010)

3.4.2.1.3. Energías renovables en Colombia

Por iniciativa del gobierno nacional se crea la ley 1715 de 2014, con el fin de incentivar la utilización de fuentes no convencionales como biomasa, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, eólica, geotérmica, solar y los mares (Congreso de la República de Colombia, 2014), buscando diversificación y sustentabilidad e integración al sistema nacional de la oferta energética.

De acuerdo con estadísticas de penetración en Colombia de las energías no convencionales y renovables (Registro UPME): a junio de 2021 se han registrado 839 proyectos solares, 49 eólicos y 29 de biomasa. Los solares a lo largo de casi todos los departamentos del país por las buenas condiciones de irradiación. Los eólicos concentrados en la región Caribe (La Guajira, Atlántico, Magdalena y Bolívar)

Igualmente, importante es reconocer que las tecnologías de fuentes no convencionales de energía, aunque, en general reducen los GEI, también pueden tener impactos conexos que pueden contribuir al cambio climático si no se tienen en cuenta las otras dimensiones que integran una transformación sustentable. Se describen a continuación algunas de los impactos.

3.4.2.1.4. Parques de energía solar

En el caso de los parques solares, la infraestructura puede requerir modificaciones del paisaje que transforman las funciones ecológicas de los suelos y, por tanto, impactan las dinámicas del agua, la vegetación y del carbono. Algunos estudios a nivel internacional han encontrado que, incluso siete años después de la revegetación del área de impacto, el contenido de carbono y nitrógeno era más bajo que en condiciones naturales; los módulos fotovoltaicos habían inducido heterogeneidad en la distribución de la humedad del suelo, la capacidad de retención de agua había disminuido, la fertilidad del suelo se había reducido, mientras que la conductividad eléctrica y el pH habían aumentado (Choi, y otros, 2020)

El potencial de los impactos ambientales asociados a las instalaciones energía solar fotovoltaica, tales como, el uso del suelo, la perdida de hábitats naturales y biodiversidad,

el uso del agua, y el manejo o disposición inadecuada de los residuos generados (residuos sólidos urbanos, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y residuos peligrosos) depende de: la escala del sistema que se monte, variando desde unidades individuales y plantas menores para centros poblados hasta proyectos de gran escala.

La tecnología solar en zonas abiertas afecta el uso del suelo y depende de la localización y tamaño, por lo que los proyectos solares a gran escala pueden afectar los sistemas de uso del suelo y causar perdida de hábitats naturales. Las necesidades de área dependen de la tecnología, la topografía del terreno y la intensidad del recurso solar. Los estimativos globales de área para Colombia están del orden de 1 a 4 hectáreas por MW dependiendo de la intensidad de brillo solar.

Las instalaciones solares a nivel del suelo no permiten un uso mixto o compartido con otros usos como la agricultura (como si lo permiten hasta cierto grado los proyectos eólicos). Sin embargo, los impactos sobre el uso del suelo de los proyectos solares se pueden minimizar a través de una selección cuidadosa del sitio, favoreciendo áreas degradadas o intervenidas, o terrenos de poco valor.

Los proyectos solares a gran escala pueden afectar hábitats naturales por la necesidad de tala o remoción de la vegetación. La construcción de grandes proyectos solares puede también afectar el drenaje natural y causar erosión. La selección del sitio es quizás la mejor herramienta para minimizar estos impactos.

Los impactos ecológicos de proyectos solares a gran escala sobre la ecología pueden incluir la pérdida o fragmentación de hábitats y el desplazamiento de especies, tales como murciélagos, reptiles y aves.

Igualmente, se incluye el manejo final de los sistemas solares fotovoltaicos. Teniendo en cuenta que, los sistemas solares fotovoltaicos están constituidos principalmente por aparatos eléctricos o electrónicos, que realizan la conversión de la energía lumínica y calorífica del sol en energía eléctrica (celdas fotovoltaicas), el almacenamiento de la energía eléctrica generada (baterías) y aparatos para la carga de las baterías, la regulación del voltaje y la corriente eléctrica del sistema y la protección del mismo

(cargador/regulador, sensores, protecciones), así como de los aparatos eléctricos mismos que se alimentaran con la energía generada (electrodomésticos y otros aparatos). Por lo anterior, es muy importante el manejo adecuado de final de vida de estos aparatos a efectos de evitar los posibles impactos negativos por cuenta de su manejo o disposición final inadecuados.

En síntesis, los aparatos eléctricos y electrónicos constituyentes de las instalaciones solares fotovoltaicas que se averíen y no puedan repararse o que han llegado al final de su vida útil, deberán ser entregados a un sistema de manejo adecuado de los residuos operado por el importador o fabricante o un tercero en su nombre, para que los reciba, sin costo alguno para el operador de la instalación, en un punto de recolección habilitado para ello y los gestione adecuadamente (BID, 2021).

3.4.2.1.5. Impactos ambientales de parques eólicos

Los parques eólicos es una tecnología utilizada a nivel mundial en la generación d energía limpia. A nivel latinoamericano, existe un crecimiento lento, guiado por los estudios de potencial, así como de los avances en materia de tecnología, capacidad y costo.

En relación con los impactos al ambiente, los parques eólicos tienen impactos similares a los de líneas de transmisión, siendo estructuras grandes y altas. Se presentan impactos variados como afectación a la avifauna, interferencia electromagnética y se ha venido estudiando posible impacto en cambio del microclima (Aldana, 2012).

Un parque eólico se compone de varias torres que son visibles desde grandes distancias. Su introducción genera cambios grandes al paisaje. Un aspa, ya sea en movimiento o quieta, genera un impacto visual. El movimiento de las aspas crea una sombra móvil. Para disminuir el impacto en la avifauna, las torres tienen colores establecidos, los cuales sobresalen del paisaje tradicional. Se ha estudiado, que los parques eólicos costa afuera ocasionan impactos en el uso del mar, cambios en pesca, modificación del fondo marino, cambio en la calidad del agua, afectación a vida acuática, contaminación por corrosión de las estructuras, y cambio del paisaje marino (MADS, 2016).

3.4.3. Medidas de adaptación del sector eléctrico.

Las medidas de adaptación tienen como objetivo esencial minimizar la vulnerabilidad del sector al Cambio Climático y son aplicables a nivel nacional a todos los agentes y regiones del país, buscando principalmente la optimización del uso de las Fuentes Convencionales de Energía (FCE) de manera que se asegure una oferta suficiente y permanente de electricidad a costos sociales bajos en el mediano y largo plazo; Así mismo, se incluye en las medidas la diversificación de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) de manera que el sector haga uso de las fuentes disponibles; Políticas Ambientales que incluye las dirigidas hacia la Conservación de las Cuencas y de los Ecosistemas de Interés Nacional de manera que se disminuya la vulnerabilidad y se mitiguen los efectos del cambio climático sobre la hidrología de las regiones.

En este sentido, los estudios requeridos por la autoridad ambiental en licenciamiento de proyectos de transmisión de energía eléctrica, previa inscripción de la empresa al MADS se mencionan los siguientes.

1. Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA
2. Estudio de Impacto Ambiental – EIA
3. Permiso de uso y aprovechamiento de recursos naturales para licencia ambiental.
4. Permiso de explotación de material de arrastre y ocupación de causes o lechos de las corrientes o depósitos de agua.
5. Permiso de explotación de canteras.
6. Permiso de vertimiento de residuos líquidos.

3.4.4. Medidas de mitigación del impacto del área de cualificación PEEL.

Entre las medidas de mitigación se destaca la implementación de tecnologías más limpias para la generación de energía, el monitoreo y control de las emisiones y el fomento de fuentes de energía renovable, como la eólica y solar, que reducen la emisión de GEI (Structuralia, 2023). Es importante, mencionar las medidas de mitigación hacía el impacto sobre la fauna silvestre, especialmente aves, mediante la implementación de medidas

como construcción de pasos de fauna, el monitoreo y conservación de especies en peligro, y la selección cuidadosa de los sitios para minimizar la afectación a la biodiversidad (Planas, Quintero, & Montealegre, 2021).

Otro aspecto para considerar, incluyen el transporte de materiales y equipos para los proyectos energéticos y el uso de recursos naturales en la construcción de infraestructuras. Estos factores pueden aumentar el tráfico, generar más emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los proyectos, y afectar los hábitats naturales debido a la construcción. También existe el riesgo de derrames de combustibles, como el diésel (Planas, Quintero, & Montealegre, 2021).

Las medidas de mitigación incluyen la creación de planes de manejo del tráfico, la reducción de la huella de carbono mediante la optimización del transporte y el uso de materiales locales, y el manejo adecuado de residuos peligrosos para evitar la contaminación.

3.4.5. Compromisos frente al cambio climático en el área de cualificación PEEL.

La estrategia climática de largo plazo de Colombia (E2050), liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), es un instrumento de política de Estado que busca definir objetivos de desarrollo socioeconómico y metas a largo plazo para cumplir con el Acuerdo de París, construir un desarrollo carbono-neutral y fortalecer la resiliencia climática de Colombia (Gobierno de Colombia, 2021).

Además, la (E2050), se define como "un documento vivo sirviendo de punto de partida para una discusión nacional más amplia, profunda e incluyente que permita, con el pasar de los años y el avance de la información científica y de la gobernanza climática, ser complementada, ajustada y adaptada".

La (E2050) presenta recomendaciones para todos los sectores responsables de las emisiones de GEI del país; de forma general, la estrategia parte del cumplimiento de las metas climáticas comprometidas al 2030, y plantea que a 2050 se deberá reducir en un

90 % las emisiones de GEI con respecto a las emisiones de 2015, y compensar el 10 % restante con absorciones nacionales (Gobierno de Colombia, 2021b).

En este contexto de los compromisos nacionales e internacionales de descarbonización, el sector eléctrico colombiano enfrenta el desafío de alinear la planificación del talento humano con los objetivos climáticos. Esto implica la identificación de brechas de cualificación para la empleabilidad verde, incorporar criterios de sostenibilidad en la formación técnica, tecnológica y profesional, e implementar estrategias de actualización y certificación de competencias que permitan una transición justa para los trabajadores. De esta manera, el sector eléctrico no solo contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también fortalece su resiliencia económica y social.

3.4.6. Implicaciones del entorno ambiental para perfiles ocupacionales y cualificaciones en PEEL.

La presión por reducir el impacto ambiental del sector eléctrico y cumplir con los compromisos climáticos nacionales ha generado nuevas responsabilidades para las empresas y su talento humano. Se requieren perfiles con competencias en gestión ambiental, normatividad climática, evaluación de impacto, sostenibilidad y economía circular. Asimismo, la incorporación de energías renovables exige capacidades para planificar y operar sistemas con criterios de sostenibilidad ambiental. Las cualificaciones del sector eléctrico asociado al área de Producción de Energía y Electricidad (PEEL), deben reflejar estas prioridades, incorporando módulos específicos sobre mitigación, adaptación y gestión de riesgos ambientales, promoviendo así una fuerza laboral preparada para liderar la transición energética con enfoque ambiental.

Síntesis del entorno ambiental

- La gestión el recurso hídrico en la generación hidroeléctrica presenta una gran complejidad al generar conflictos en los ecosistemas acuáticos. Esto resalta la necesidad de una planificación cuidadosa y la implementación de soluciones que incluyan el tratamiento de aguas residuales.
- El impacto de los gases de efecto invernadero en la atmosfera subraya la urgencia de avanzar hacia fuentes de energía renovables y tecnologías más limpias, orientadas a la mitigación de los impactos ambientales a largo plazo.
- La degradación debido a la construcción de infraestructuras energéticas, en el suelo, exige un enfoque preventivo y restaurador. Se propone la reforestación y el uso de áreas previamente degradadas para minimizar los efectos negativos en los hábitats naturales.
- En cuanto a la flora y fauna, se observa una preocupación por la fragmentación de los ecosistemas y la interrupción de las rutas migratorias de diversas especies. La implementación de medidas de protección, como los pasos de fauna, resulta clave para preservar la biodiversidad.
- El impacto sobre las comunidades locales destaca el riesgo de conflictos sociales derivados de la reubicación de poblaciones y la llegada de trabajadores externos. Es fundamental promover la participación comunitaria y asegurar políticas justas de reasentamiento para mitigar estos efectos.
- Se enfatiza en la necesidad de una gestión sostenible que equilibre el desarrollo energético con la protección ambiental y social, haciendo un llamado a la adopción de medidas tecnológicas y políticas inclusivas.
- Aunque en el sector PEEL es un sector regulado por entidades robustas a nivel nacional, se hace necesario optimizar la articulación de los temas ambientales, con los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental.

3.5. Entorno de internacionalización.

El sector eléctrico colombiano ha avanzado en su proceso de internacionalización mediante la expansión de operaciones de empresas sectoriales que operan actualmente en mercados de América Latina. A continuación, se presentan ejemplos de internacionalización del sector de energía eléctrica colombiano.

Grupo de Energía de Bogotá

El Grupo de Energía de Bogotá (GEB) es una de las empresas colombianas con mayor presencia internacional. Esto teniendo en cuenta que ha expandido sus operaciones a países como Perú, Brasil y Guatemala, a partir del desarrollo de proyectos de transmisión de energía eléctrica y distribución de gas natural.

En Perú, por ejemplo, a través de su filial Electro Dunas, el Grupo de Energía de Bogotá ha fortalecido su participación en el sector eléctrico, proporcionando energía a diversas regiones del país (Grupo de Energía de Bogotá, 2025).

Interconexión Eléctrica S.A.

Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) es otra de las grandes empresas colombianas que ha impulsado su internacionalización. Su principal línea de negocio es el transporte de energía a través de redes de transmisión, y actualmente opera en países como Brasil, Chile, Perú, Bolivia, Argentina y Panamá.

Así mismo, ISA ha construido y opera kilómetros de redes eléctricas en Sur América, contribuyendo a la interconexión regional y al fortalecimiento de los mercados energéticos. Además, la empresa ha diversificado sus operaciones hacia el sector de telecomunicaciones y concesiones viales en varios países (ISA, 2023).

CELSIA

Otras empresas del sector eléctrico colombiano han logrado expandirse a nivel internacional, a partir del préstamo de servicios en el exterior. Empresas como Celsia han invertido en proyectos de energía solar y eficiencia energética en Centroamérica,

esto a partir de un acuerdo con Fontus Spain (entidad filial de EnfraGen) para la venta de una parte de sus activos de generación en Panamá y Costa Rica.

- Conjunto hidroeléctrico Dos Mares en Chiriquí (Panamá), con una capacidad de 118 MW.
- Granjas solares: Divisa (9,8 MW) y Celsolar (9,7 MW) en Chiriquí (Panamá).
- La Planta Eólica Guanacaste (Costa Rica) de 50 MW de capacidad.

Además, Celsia concentrará su estrategia de negocios en Centroamérica en proyectos de energía solar para clientes empresariales, gestión de activos (transmisión y distribución) y eficiencia energética, en donde los proyectos que actualmente están en ejecución sumarán 55 MW solares al cierre de 2023 y prevé tener instalados 200 MW para 2026 (CELSIA, 2023).

Empresas Públicas de Medellín

Por otro lado, Empresas Públicas de Medellín (EPM) ha extendido su alcance a países de América Latina, a partir de las siguientes filiales (EPM, 2024):

- EPM adquirió la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENSA), encargada de la distribución de energía eléctrica en Panamá, fortaleciendo su presencia en Centroamérica.
- A través de la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA), EPM participa en la distribución de energía eléctrica, atendiendo a una amplia base de clientes en el país.
- Mediante la Distribuidora de Electricidad del Sur (DELSUR), EPM suministra energía eléctrica a diversas regiones de El Salvador.

Estas empresas han apostado por la generación de energía limpia, el desarrollo de infraestructura y la prestación de servicios a comunidades en diferentes regiones.

En cuanto a la exportación de Energía, XM, como operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administrador del Mercado de Energía Mayorista

(MEM) en Colombia, desempeña un papel crucial en la gestión de las exportaciones de energía y en la interconexión eléctrica con países vecinos.

Las exportaciones de energía desde Colombia se realizan principalmente a través de Transacciones Internacionales de Energía (TIE), en el marco de la Comunidad Andina de Naciones. Estas transacciones buscan optimizar los recursos energéticos entre países, permitiendo exportaciones cuando el precio de la energía en Colombia es más bajo o cuando hay escasez de recursos en las naciones vecinas como Ecuador y Venezuela (XM, 2024).

Además, en coordinación con el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de Ecuador, se acordó incrementar la capacidad de transferencia de electricidad entre ambos países. Desde 2020, las exportaciones de energía de Colombia a Ecuador aumentaron de 200 a 450 MWh, y las importaciones de 300 a 460 MWh, lo que representa un incremento cercano a 4 GWh diarios (XM, 2021).

Adicionalmente, este proceso de internacionalización del sector eléctrico colombiano debe entenderse dentro de un contexto más amplio de transformación energética global, donde se redefinen las estructuras productivas, los perfiles laborales y los marcos de gobernanza.

3.5.1. Referentes internacionales en la transición energética.

Alemania

Alemania es reconocida como un referente global por su política de transición energética, que combina el cierre progresivo de plantas nucleares y de carbón con una fuerte inversión en energías renovables, eficiencia energética y modernización de redes. El país ha logrado que alrededor del 50% de su electricidad provenga de fuentes renovables (principalmente eólica y solar) en 2024 (IRENA, 2024). Ha cerrado casi todas sus plantas nucleares y tiene una estrategia activa de eliminación del carbón para antes del año 2030. El sistema eléctrico alemán se caracteriza por su alta descentralización, gran participación ciudadana y mercados regionales competitivos. Esto ha derivado en perfiles emergentes como:

- Técnicos en operación de redes inteligentes
- Especialistas en gestión de energía comunitaria
- Instaladores certificados de sistemas solares residenciales

Dinamarca

Dinamarca es también ampliamente reconocida como un líder global en energías renovables, especialmente por su desarrollo pionero en energía eólica en tierra y costa afuera, que en conjunto generan más del 50% de su electricidad (IRENA, 2024). El país ha desmantelado progresivamente sus plantas termoeléctricas a carbón, y mantiene una red eléctrica altamente digitalizada, interconectada con el resto de Europa, lo que le permite gestionar eficientemente la variabilidad de las fuentes intermitentes.

El modelo danés combina una fuerte planificación estatal, inversión privada e innovación tecnológica con una destacada participación comunitaria. Más de la mitad de la capacidad eólica terrestre es propiedad de cooperativas o ciudadanos organizados, lo que ha contribuido a la aceptación social y a una gobernanza energética participativa. Como resultado, algunos de los perfiles emergentes son:

- Técnicos especializados en operación y mantenimiento de parques eólicos marinos.
- Integradores de sistemas renovables y redes inteligentes en entornos urbanos y rurales.
- Coordinadores de comunidades energéticas y proyectos cooperativos de generación.
- Analistas de datos y simulación energética para gestión dinámica del sistema.

Australia

Australia es uno de los países con mayor en capacidad solar per cápita, con más del 30% de los hogares equipados con paneles solares (Australian Energy Council, 2023). El sistema eléctrico ha evolucionado hacia una arquitectura distribuida, donde los hogares con baterías actúan no solo como consumidores sino como generadores

y almacenadores también. Se han desarrollado mercados dinámicos de servicios auxiliares y gestión de la demanda. La inversión en infraestructura para transmisión de energía renovable a gran escala y el almacenamiento masivo ha cambiado de manera considerable el panorama de su sector eléctrico. Esto ha llevado a la creación de perfiles como:

- Operadores de microrredes y almacenamiento distribuido
- Analistas de datos energéticos para gestión de consumo en tiempo real
- Integradores de sistemas de energía residencial

Canadá

En Canadá, alrededor del 70% de la electricidad se genera a partir de fuentes limpias, siendo la hidráulica la dominante, seguida por la eólica (IRENA, 2024). Provincias como Quebec y British Columbia operan casi exclusivamente con energías renovables. Canadá ha promovido sistemas de formación técnica alineados con su objetivo de neutralidad de carbón al 2050, impulsando la capacitación en tecnologías limpias, gestión energética y mantenimiento avanzado. Además, las comunidades indígenas lideran múltiples proyectos energéticos en esquemas de gobernanza compartida. Perfiles emergentes incluyen:

- Operadores de infraestructura crítica en redes resilientes
- Técnicos certificados en almacenamiento energético, microrredes y eficiencia energética
- Formadores comunitarios en transición energética en zonas rurales y remotas

Chile

Chile ha alcanzado más de un 60% de su matriz eléctrica con fuentes renovables convencionales (hidráulica, solar y eólica) (IRENA, 2024), y se ha convertido en un referente latinoamericano por su Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Ha descarbonizado gran parte de su parque generador, con cierres programados de termoeléctricas a carbón. La reforma a su marco regulatorio ha favorecido la

inversión extranjera y el desarrollo de nuevos modelos de negocio. Esto ha llevado a la creación de perfiles como:

- Operadores de microrredes y almacenamiento distribuido
- Analistas de datos energéticos para gestión de consumo en tiempo real
- Integradores de sistemas de energía residencial

En este sentido, Colombia puede aprovechar estos y otros referentes internacionales para integrar un enfoque más prospectivo, participativo y sostenible en la estructuración de trayectorias formativas, asegurando así la pertinencia frente a los desafíos de la transición energética a nivel nacional y global.

3.6. Entorno normativo.

El sistema eléctrico colombiano está diseñado para garantizar la seguridad del suministro de energía eléctrica y promover la competencia en el área de cualificaciones. Para lograr esto, el país cuenta con el Mercado de Energía Mayorista (MEM), un espacio en el que los agentes del sector eléctrico (generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores) intercambian energía y servicios conexos bajo un marco normativo definido. La regulación del MEM está a cargo de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la cual establece lineamientos para la operación y supervisión del mercado, de conformidad con lo señalado en las Leyes 142 y 143 de 1994, con el objetivo de asegurar que el servicio eléctrico llegue al mayor número de usuarios al menor costo posible, garantizando calidad, cobertura y expansión del sistema.

El MEM opera bajo un marco regulatorio que establece las reglas del mercado y los mecanismos de supervisión. Entre las principales normativas que regulan su funcionamiento se encuentra la Resolución CREG 024 de 1995, la cual define el reglamento de operación del MEM, regulando las transacciones comerciales, la programación del despacho de energía y las condiciones de interconexión entre agentes del mercado. Asimismo, la Resolución CREG 143 de 2021 introduce medidas para modernizar el MEM, fortaleciendo la confiabilidad del sistema, optimizando la

asignación de recursos energéticos y promoviendo la integración de energías renovables.

Las entidades que trabajan en conjunto para garantizar la transparencia, estabilidad y eficiencia del mercado energético en Colombia son el Ministerio de Minas y Energía encargado de definir las políticas energéticas del país, la CREG que estable la normativa y regulación del mercado. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) supervisa el cumplimiento normativo y vela por la protección de los usuarios y el Centro Nacional de Despacho (CND) administra la operación en tiempo real del sistema eléctrico.

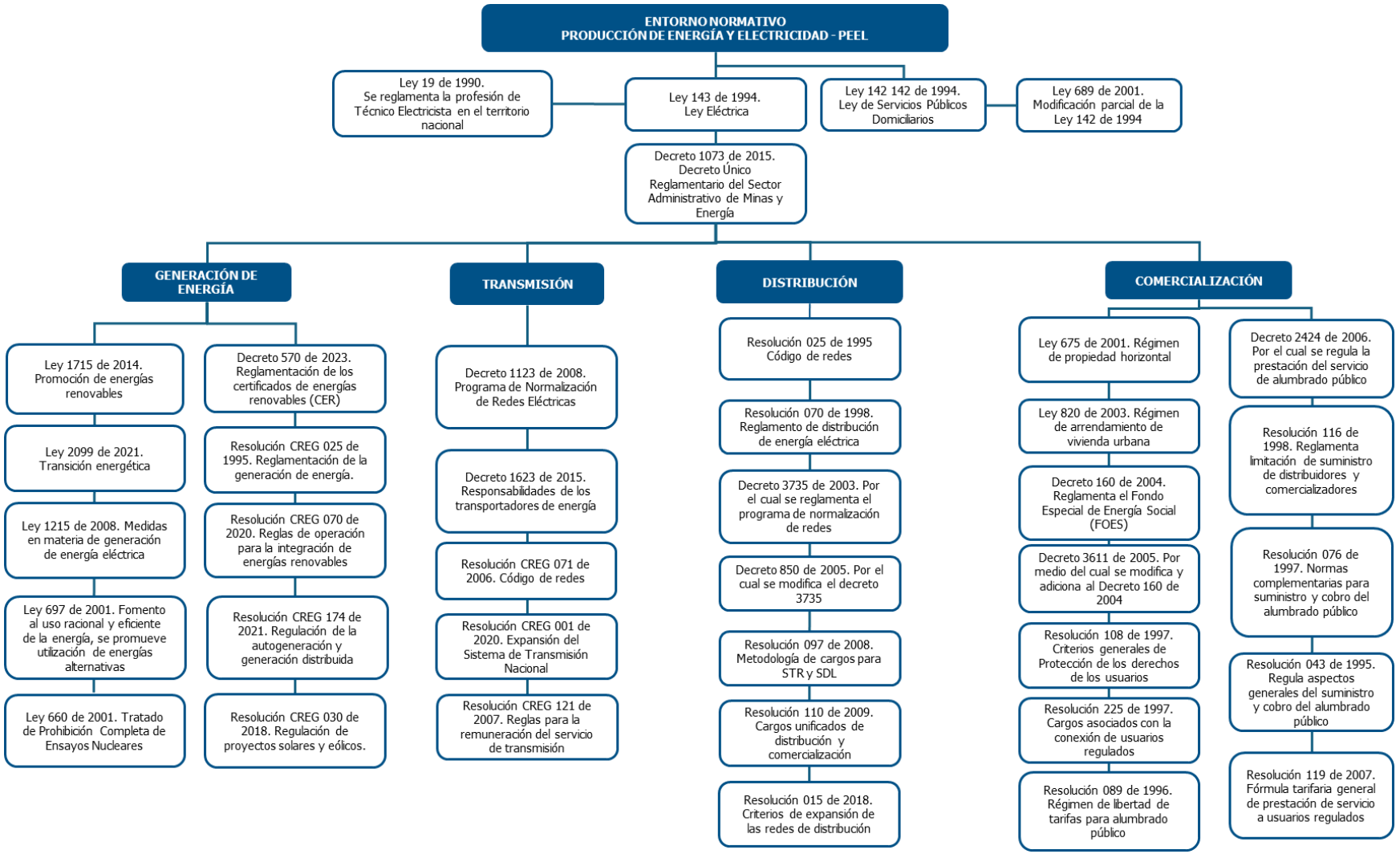
El mercado eléctrico colombiano se divide en cuatro actividades principales, reguladas de manera específica:

1. Generación: conformada por empresas generadoras que producen electricidad a partir de diversas fuentes. La Resolución CREG 143 de 2021 establece reglas actualizadas para la participación de los generadores, por otro lado, el Sistema Interconectado Nacional (SIN) coordina la operación de las plantas de generación considerando sus características técnicas, disponibilidad, precios de oferta y restricciones operativas.
2. Transmisión: es una actividad regulada, supervisada por la SSPD y normada por la CREG. La Resolución CREG 023 de 2016 establece la metodología de remuneración para las empresas que operan esta infraestructura, asegurando que el servicio sea eficiente y sostenible.
3. Distribución: esta actividad es desarrollada por empresas distribuidoras, las cuales operan bajo un esquema regulado que garantiza tarifas equitativas y calidad en el servicio. La CREG define los parámetros de eficiencia y establece los costos máximos permitidos para la distribución.
4. Comercialización: los comercializadoras pueden adquirir energía en el MEM a través de un mercado de corto plazo o contratos bilaterales. En los mercados de corto plazo, las transacciones se realizan en la Bolsa de Energía operada por el CND, donde los generadores ofertan su energía y los comercializadores

la adquieren con base en un precio de equilibrio. Los contratos bilaterales son acuerdos a largo plazo entre generadores y comercializadoras, que permiten estabilidad en los precios y garantizan la cobertura de la demanda.

A través del Mercado de Energía Mayorista (MEM) y bajo la supervisión de entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la CREG, la SSPD y el CND, se establece un marco normativo que regula la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía, promoviendo la transparencia, estabilidad y sostenibilidad del área de cualificaciones.

Figura 7. Entorno normativo del sector eléctrico en Colombia.



Fuente: elaboración propia a partir legislación colombiana

Síntesis del entorno normativo

- El entorno normativo exige una adaptación rápida y efectiva de las instituciones educativas y técnicas para formar una fuerza laboral que pueda enfrentar los desafíos de un sector cada vez más especializado. Las normas que promueven la generación de energías renovables y la modernización de infraestructuras requieren profesionales capacitados en tecnologías emergentes, automatización y gestión de sistemas energéticos avanzados. Sin un ajuste adecuado en la oferta educativa, el sector podría enfrentar una escasez de talento técnico especializado.
- Las políticas de promoción de energías renovables, como la Ley 2099 de 2021, están modificando el panorama laboral del sector eléctrico, favoreciendo la creación de nuevos empleos en la generación de energía eólica, solar y biomasa. Este cambio obliga a los trabajadores actuales a adquirir nuevas habilidades relacionadas con tecnologías limpias, y genera oportunidades de empleo en sectores emergentes del mercado energético.
- El desarrollo y cumplimiento de la normativa sobre la integración de energías renovables (Ley 1715 de 2014) y las exigencias de calidad y seguridad (Resoluciones CREG) han generado una creciente necesidad de actualizar la oferta educativa en Colombia. Instituciones de formación técnica y profesional deben ajustar sus currículos para incluir competencias en energías renovables, automatización, y gestión de sistemas eléctricos avanzados. Este marco regulatorio impulsa la capacitación continua de profesionales, promoviendo la certificación de competencias técnicas específicas en áreas de alta demanda.

3.7. Entorno organizacional.

El entorno organizacional presenta la dinámica de organización del sector eléctrico teniendo en cuenta la dinámica institucional, empresarial y social; tipo de instituciones, organizaciones y sociedad civil, gremios y empresas; caracterizando el tipo de estructuras organizativas, la cadena de valor, los principales actores institucionales, organizaciones sociales, gremios y empresas.

Permite mapear las principales características, clasificación y formas de organización de las empresas del sector, con base en fuentes de información primaria y secundaria, se deben considerar los siguientes ítems:

3.7.1. Estructura institucional del sector eléctrico colombiano.

El sector eléctrico en Colombia está estructurado en torno a una serie de instituciones que cumplen diferentes funciones en la dirección, planeación, regulación, operación y control. Esta estructura está fundamentada en las Leyes 142 y 143 de 1994, que establecen el marco normativo del sector y delinean las competencias de las diferentes entidades responsables:

Dirección: el Ministerio de Minas y Energía (MinMinas), es la entidad encargada de liderar la formulación y coordinación de políticas públicas en el sector energético. MinMinas establece las directrices para la generación, transmisión y distribución de energía, promoviendo la seguridad energética y el desarrollo sostenible. La Presidencia de la República supervisa el cumplimiento de las políticas energéticas formuladas por el Ministerio.

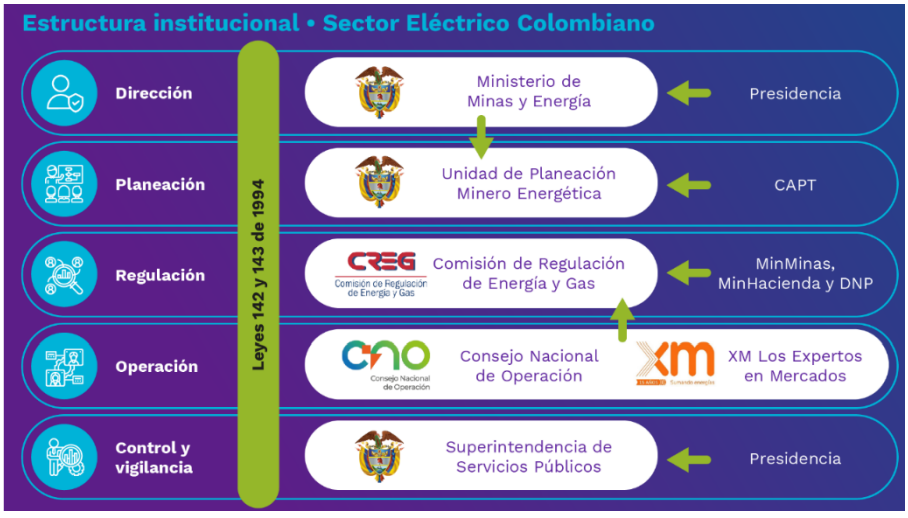
Planeación: la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), bajo la dirección del Comité Asesor de Planeación Técnica (CAPT), es la encargada de la planificación a largo plazo del sistema energético colombiano. La UPME realiza estudios y análisis sobre la demanda y oferta energética, asegurando la expansión adecuada del sistema eléctrico del país, incluyendo la incorporación de energías renovables.

Regulación: la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) define las reglas del mercado eléctrico y de gas, en colaboración con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Hacienda y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) para garantizar un mercado competitivo, eficiente y sostenible, estableciendo tarifas y condiciones justas para los usuarios.

Operación: la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) está a cargo del Consejo Nacional de Operación (CNO), una entidad técnica que coordina la operación eficiente y segura de la red eléctrica nacional. Adicionalmente, XM (Expertos en Mercados), una filial de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), es responsable de la operación técnica del sistema en tiempo real y de la administración del mercado mayorista de energía, gestionando las transacciones comerciales y el despacho de energía.

Control y Vigilancia: la Superintendencia de Servicios Públicos (SSPD) supervisa a las empresas del sector energético, asegurando que ofrezcan servicios de calidad y respeten las regulaciones establecidas. También tiene la facultad de sancionar a las entidades que no cumplan con los estándares exigidos, protegiendo así los derechos de los usuarios.

Figura 8. Estructura institucional sector eléctrico colombiano.



Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Estructura institucional del sector eléctrico colombiano. Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/funcionamiento-del-sector/

3.7.1.1. Organismos, fondos de apoyo y asesores en el sector eléctrico colombiano

Además de las instituciones gubernamentales que lideran la dirección, regulación y operación del sector eléctrico en Colombia, existen otros organismos, fondos y entidades asesoras que juegan un papel importante en el apoyo a proyectos de infraestructura, eficiencia energética y la transición hacia energías limpias:

- **Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE):** es un fondo especializado en apoyar financieramente proyectos relacionados con el uso de energías renovables y la eficiencia energética. Este fondo busca impulsar la modernización de la matriz energética colombiana, facilitando la inversión en tecnologías limpias y sostenibles, tales como energía solar, eólica, y proyectos de eficiencia energética. Además, FENOGE financia programas que beneficien a comunidades vulnerables, promoviendo la equidad en el acceso a la energía.
- **Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE):** es una entidad dedicada a diseñar e implementar soluciones energéticas en las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia. Estas zonas, que comprenden áreas rurales y apartadas del país, no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). IPSE se encarga de promover el acceso a fuentes de energía a través de tecnologías renovables y descentralizadas, como microrredes solares y plantas de generación aisladas, mejorando así la calidad de vida en regiones que históricamente han estado desatendidas en términos de infraestructura eléctrica.
- **Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las zonas rurales interconectadas (FAER):** este fondo se creó con el objetivo de financiar proyectos de infraestructura eléctrica que mejoren el acceso a la energía en áreas rurales conectadas al SIN. El FAER apoya el desarrollo de redes eléctricas,

subestaciones y otras instalaciones que permitan llevar el servicio de electricidad a comunidades rurales, promoviendo su desarrollo socioeconómico.

- **Comité Asesor de Coordinación (CAC):** es un ente consultivo compuesto por expertos en la operación y planificación de sistemas eléctricos. Este comité tiene como función principal brindar asesoría técnica para la implementación de nuevas políticas, así como para la mejora de las operaciones dentro del SIN. El CAC también analiza los impactos de los cambios regulatorios en la operación del sistema y la planificación de nuevas expansiones.

Asociaciones y agremiaciones

- Corporación de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico-CIDET
- Cámara Colombiana de Energía-CCENERGIA
- Asociación Colombiana de Grandes Consumidores de Energía Industriales y Comerciales - ASOENERGÍA
- Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica - ASOCODIS
- Asociación nacional de empresarios de Colombia - ANDI
- Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones ANDESCO
- Asociación Nacional de Empresas Generadoras - ANDEG
- Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica - ACOLGEN
- Federación Nacional de Profesionales Técnicos Electricistas - FENALTEC
- Consejo Profesional Nacional de Ingeniería - COPNIA
- Consejo Nacional de Técnicos Electricistas – CONTE
- Consejo Nacional de Operación del sector eléctrico – CON

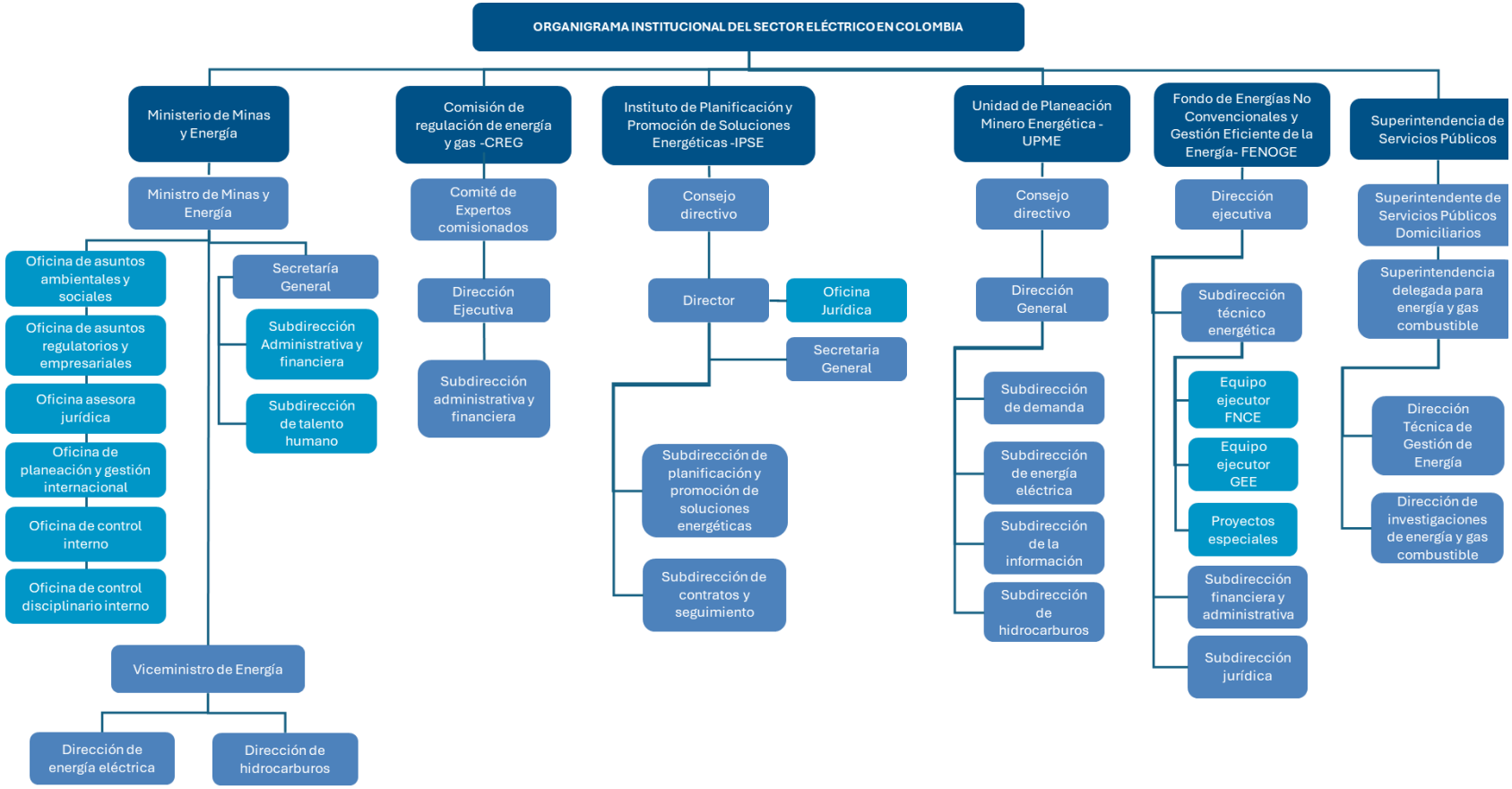
Figura 9. Asociaciones y gremios del sector eléctrico en Colombia.



Fuente: elaboración propia a partir de logos obtenidos de los sitios web oficiales de cada gremio o asociación.

Organigrama institucional del sector eléctrico en Colombia

Figura 10. Organigrama institucional del sector eléctrico en Colombia.



Fuente: elaboración propia con base en los organigramas disponibles en las páginas web de las instituciones que conforman el sector eléctrico en Colombia.

3.7.1.2. Empresas relacionadas con el área de cualificación

1.78%

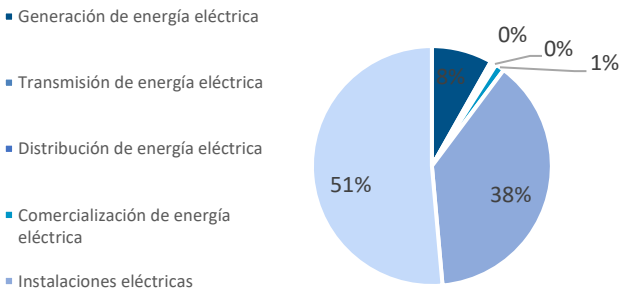
del total de empresas del País

Fuente: elaboración propia con base en datos RUES-Confecámaras 2025.

Aproximadamente 28.274 empresas, registradas en la base del Registro Único Empresarial y Social (RUES) del país, están relacionadas con las actividades económicas asociadas al área de cualificación, lo que representa el 1.78% del total a nivel nacional.

Distribución porcentual de empresas por subsector

Gráfica 11. Empresas por subsector.

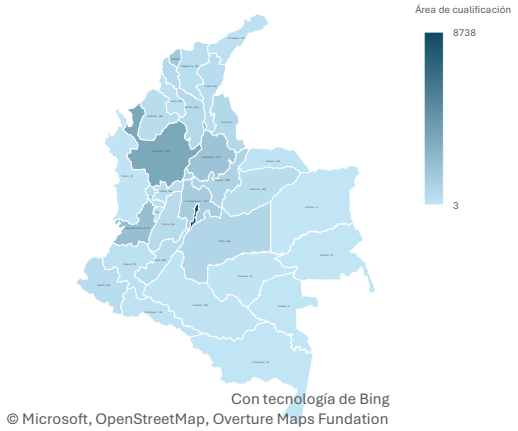


Fuente: elaboración propia con base en datos RUES-Confecámaras 2023.

Las empresas del sector se concentran en **Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica,** así como en **Instalaciones eléctricas**, entre las dos representan el 90% del total del área de cualificación.

Distribución porcentual departamental de Empresas

Gráfica 12. Empresas por departamento.

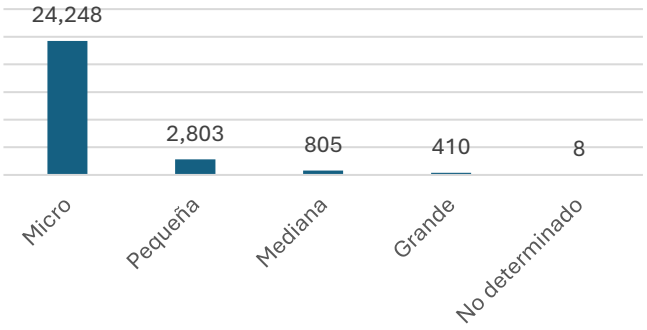


Fuente: elaboración propia con base en datos RUES-Confecámaras 2023.

Las empresas asociadas al área de cualificación se encuentran principalmente en Bogotá D.C., que concentra el 30.9%, seguida por Antioquia con el 12.1%, Valle del Cauca con un 7.5% y Santander con un 6.5%.

Distribución porcentual de Empresas por tamaño

Gráfica 13. Empresas por tamaño.



Fuente: elaboración propia con base en datos RUES-Confecámaras 2023.

El 85.7% de las empresas del área de cualificación son microempresas. Las pequeñas empresas representan el 9.9%, mientras que las medianas y grandes constituyen solo el 2.8% y 1.4%, respectivamente.

3.7.1.3. Estructura organizacional tipo de las empresas del sector eléctrico

La estructura organizacional de una empresa se define como el conjunto de dependencias y funciones agrupadas en áreas o departamentos. Su propósito es garantizar la organización y coordinación necesarias para alcanzar los objetivos empresariales. Esta estructura permite visualizar las unidades funcionales, las líneas de responsabilidad formal, los canales de comunicación, las relaciones de autoridad y la distribución del trabajo dentro de la compañía (Blanco-Ariza, y otros, 2019).

La estructura organizacional tipo empresa del área de cualificaciones de producción de energía eléctrica en Colombia se articula en torno a los diferentes eslabones de la cadena de valor: generación, transmisión, distribución y comercialización, además de los organismos de regulación y control.

Para poder elaborar este apartado, se tomaron en cuenta empresas relevantes del área de cualificaciones. Para la generación de energía, se analizó la estructura organizacional de Enel Colombia, EPM, Isagen, Celsia y AES Colombia, entre otras. En el caso de la transmisión de energía, se tuvo en cuenta la organización interna de empresas como ISA y Enel. Para la distribución, se consideraron Enel, Empresas

Públicas de Medellín, la Empresa de Energía de Pereira y el Grupo Energía Bogotá. Finalmente, en la comercialización, se tomaron como referencia Celsia, EPM, Isagen y AES Colombia.

La inclusión de estas empresas en el análisis se debe a su relevancia dentro del sector energético en Colombia y su impacto en la estructura de cualificaciones. Estas compañías representan diferentes segmentos de la cadena de valor de la energía, desde su generación hasta su comercialización, lo que permite comprender la diversidad de funciones, roles y niveles de cualificación necesarios en cada etapa. Además, estas empresas cuentan con modelos organizacionales consolidados que reflejan las mejores prácticas del sector, facilitando la identificación de patrones en la estructura de empleabilidad y en las competencias requeridas en el mercado laboral. De esta manera, el estudio de estas organizaciones permite establecer un marco de referencia sólido para el diseño y la actualización de perfiles de cualificación en el sector energético.

A continuación, se describe una estructura organizacional tipo que integra los elementos clave presentes en las empresas analizadas:

- ***Asamblea General de Accionistas***

Es el órgano supremo de la empresa, conformado por los socios o accionistas. Su función principal es definir las directrices generales, aprobar los estados financieros, tomar decisiones estratégicas de alto impacto, entre otras funciones.

- ***Junta Directiva***

La Junta Directiva es el órgano de dirección estratégica encargado de definir las políticas corporativas, evaluar el desempeño financiero y operacional de la empresa, y tomar decisiones sobre inversiones y proyectos de expansión.

- ***Gerencia General***

Responsable de la gestión ejecutiva de la empresa. Su función principal es implementar las estrategias definidas por la Junta Directiva (García Sierra, Guzmán

Vásquez, Prada Ramírez, & Trujillo Dávila, 2020), coordinando las distintas áreas para garantizar la eficiencia operativa y el cumplimiento de objetivos.

Otras funciones clave incluyen (Villa Ramírez & Cruz Jurado, 2008):

- Asegurar el correcto funcionamiento de la empresa, proporcionando los recursos necesarios a cada proceso.
- Definir las políticas, directrices y metas que contribuyan a la expansión, el desarrollo tecnológico y la adecuada inversión de fondos.
- Posicionar la empresa como líder en la prestación de servicios energéticos a nivel local, regional y nacional.

Bajo esta dirección se desarrolla la **planeación estratégica**, encargada de definir los objetivos a largo plazo de la empresa, analizar el entorno, identificar oportunidades y amenazas, así como formular las estrategias que guiarán el rumbo de la organización. Esta planeación debe articularse, en concordancia con las disposiciones de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), con un esquema de **planeación y prospectiva energética** que permita proyectar, evaluar y optimizar la participación de la empresa en el sistema energético nacional. Este proceso implica el análisis de escenarios futuros de oferta y demanda, el seguimiento de variables técnicas, económicas y regulatorias del sector, y la alineación de los planes corporativos con las proyecciones y políticas energéticas del país.

También se incluye la subárea de **seguimiento y control**, la cual supervisa la implementación de las estrategias, realiza el seguimiento de los indicadores establecidos y evalúa los resultados alcanzados. Esta subárea permite identificar desviaciones, implementar acciones correctivas y garantizar que las decisiones estén alineadas con los objetivos estratégicos de la empresa.

- ***Área Corporativa***

El área Corporativa se encarga de planificar y coordinar los aspectos administrativos que respaldan el funcionamiento global de la Organización. Su labor incluye el

desarrollo de programas y proyectos que beneficien a los funcionarios, fomentando un clima laboral adecuado y facilitando los recursos humanos, legales, económicos, logísticos y sociales necesarios para el desarrollo organizacional. Su gestión impacta tanto a los actores internos (funcionarios, contratistas, accionistas) como a los externos (proveedores, clientes y comunidad en general).

- **Financiera**

  Responsable de la administración, supervisión y control del sistema financiero de la empresa. Asegura la sostenibilidad económica mediante la gestión de capitales, inversiones y planeación contable. Sus subprocesos incluyen:

  - **Presupuesto**

    Planifica, elabora y ejecuta el presupuesto de ingresos y egresos, brindando asesoría a las diferentes dependencias.

  - **Contabilidad**

    Supervisa el registro contable, la elaboración de estados financieros y el cumplimiento de las normativas fiscales y contables.

  - **Tesorería y Tributaria**

    Controla los ingresos en cuentas bancarias y gestiona los pagos a proveedores y otras obligaciones económicas.

- **Bienes y Servicios**

  Gestiona la contratación de bienes y servicios, administra el inventario corporativo y coordina la logística para eventos y reuniones. Sus subprocesos incluyen:

  - **Compras**

Realiza adquisiciones y contrataciones necesarias para el funcionamiento de las diferentes unidades de la empresa.

- **Logística y Servicios Generales**

  Garantiza el suministro oportuno de recursos, el mantenimiento locativo, la selección y evaluación de proveedores, y la gestión documental.

- **Tecnológica**

  Brinda soporte en tecnología de la información y comunicación, promoviendo la investigación y desarrollo de sistemas digitales para mejorar la eficiencia operativa. Se compone de:

  - **Desarrollo y Administración de Sistemas**

    Gestiona software, hardware y redes, asegurando una infraestructura tecnológica eficiente.

  - **Mantenimiento y Seguridad**

    Supervisa el mantenimiento de sistemas operativos, ofimática, servidores y equipos de comunicación, garantizando la seguridad de la información.

  - **Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC)**

    Define políticas y estrategias tecnológicas, administra el plan estratégico de tecnología, diseña estrategias de transformación digital y ciberseguridad, y gestiona la protección de datos.

- **Gestión Humana**

  Encargada de promover el buen desempeño laboral y el desarrollo personal de los funcionarios, así como de gestionar los requerimientos del

personal activo y jubilado. Garantiza el cumplimiento de los compromisos laborales, sociales, ocupacionales y de seguridad y bienestar de cada colaborador. Sus principales subprocesos son:

- **Talento Humano**

  Gestiona la selección, inducción, vinculación y capacitación del personal. Además, administra la seguridad y salud en el trabajo, y vela por el buen desempeño laboral y el bienestar de los funcionarios.

- **Nómina y Prestaciones**

  Se encarga de la liquidación de nómina, seguridad social, plan de incentivos y cesantías, garantizando el cumplimiento de las obligaciones legales.

- **Salud Ocupacional**

  Desarrolla programas de salud ocupacional, higiene, medicina preventiva y seguridad industrial, abordando también los riesgos psicosociales y la vigilancia de riesgos laborales.

- **Formación y Bienestar**

  Atiende las necesidades del personal, implementa programas de reconocimiento laboral y evalúa los requerimientos de préstamos a los empleados.

- ***Área de Comunicaciones***

El Área de Comunicación es la encargada de diseñar, implementar y coordinar las estrategias de comunicación interna y externa de la empresa. Su labor se orienta a la divulgación efectiva de información, la socialización de los servicios prestados y el fortalecimiento de la identidad institucional. Esta área se estructura en dos subáreas: Relacionamiento Corporativo y Gestión Social, ambas con funciones

complementarias que contribuyen al posicionamiento de la empresa y al fortalecimiento de las relaciones con sus diferentes grupos de interés.

La subárea de Relacionamiento Corporativo se encarga del manejo de la imagen institucional, la relación con los medios de comunicación, los aliados estratégicos y el posicionamiento corporativo. Asimismo, lidera las acciones de comunicación que promueven la transparencia, la confianza y la reputación de la empresa ante sus públicos internos y externos.

Por su parte, la subárea de Gestión Social es responsable de liderar la interacción con las comunidades en los territorios donde se desarrollan proyectos, asegurando el cumplimiento de las obligaciones legales en materia de participación ciudadana, consulta previa, compensaciones sociales y programas de fortalecimiento comunitario. Esta subárea busca generar valor compartido mediante el diseño y ejecución de estrategias de responsabilidad social empresarial, construcción de relaciones basadas en la confianza y promoción del desarrollo sostenible de las regiones.

Dentro de esta estructura, las comunidades energéticas tienen un rol estratégico. El área de Comunicación impulsa su fortalecimiento a través de programas de formación, acompañamiento técnico, articulación con políticas públicas y promoción de alianzas para el desarrollo de proyectos de generación distribuida. Estas acciones se enmarcan en un enfoque social, participativo e innovador que busca transformar la relación entre la empresa y las comunidades, promoviendo una transición energética justa y colaborativa.

- ***Área de Gestión Ambiental***

El Área de Gestión Ambiental se encarga de garantizar que las operaciones de la empresa se desarrollen bajo un enfoque de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y cumplimiento normativo. Su propósito es prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales derivados de las actividades de la organización, integrando la

gestión ambiental como un componente transversal en todos los procesos (Grupo de Energía de Bogotá, 2015).

Esta área se estructura en dos subáreas: Cumplimiento Ambiental y Gestión Ambiental, cada una con funciones específicas que se articulan para asegurar el desempeño ambiental de la empresa más allá de los requerimientos legales mínimos.

La subárea de Cumplimiento Ambiental lidera la formulación, actualización y aplicación de las políticas ambientales institucionales, asegurando su alineación con la normativa vigente, los compromisos asumidos por la empresa y las mejores prácticas del sector. Entre sus funciones se encuentran la coordinación de auditorías internas, la evaluación del desempeño ambiental, la implementación de acciones correctivas y el relacionamiento con las autoridades ambientales para garantizar el cumplimiento regulatorio.

La subárea de Gestión Ambiental se encarga de implementar acciones técnicas para asegurar la sostenibilidad de las operaciones y prevenir impactos sobre los ecosistemas. Entre sus funciones destacan la gestión integral de permisos y licencias ambientales, el diseño y ejecución de programas de monitoreo de variables como agua, aire, suelo y ruido, y la generación de reportes técnicos para la toma de decisiones. Además, lidera procesos de gestión territorial, conservación de la biodiversidad y restauración ecológica, en coordinación con comunidades y autoridades ambientales. También es responsable del manejo de residuos bajo principios de economía circular, y de las acciones de recuperación en caso de afectaciones ambientales.

- ***Área legal y regulatoria***

El área legal y regulatoria tiene como propósito asegurar el cumplimiento de las obligaciones contractuales, así como la representación legal de la empresa en procesos judiciales y extrajudiciales. Sus funciones se agrupan en dos subáreas clave:

La subárea de análisis regulatorio y normativo es responsable del estudio, seguimiento y aplicación del marco legal vigente en el sector energético, velando por el cumplimiento de las disposiciones emitidas por entidades como la CREG, el Ministerio de Minas y Energía, y la ANLA. Supervisa la incorporación oportuna de cambios normativos en los procesos operativos, comerciales y ambientales de la empresa, garantizando su adecuada implementación.

Por su parte, la subárea de gestión contractual lidera la estructuración, análisis legal, revisión y seguimiento de los contratos que sustentan el desarrollo de proyectos y la operación de la empresa. Atiende asuntos jurídicos en las ramas civil, laboral, administrativa, penal y constitucional tanto en defensa de la empresa como en procesos contra terceros. También se encarga de la administración del riesgo contractual, asegurando el cumplimiento de las obligaciones adquiridas y la adecuada formalización de acuerdos con proveedores, aliados estratégicos, clientes y comunidades. Esta subárea trabaja en articulación con las demás áreas para garantizar que los instrumentos jurídicos respondan a los objetivos técnicos, sociales y financieros de la organización.

- ***Área de Proyectos e Ingeniería***

Es el área encargada del desarrollo, implementación y mantenimiento de la infraestructura energética. Dentro de sus subáreas la ingeniería de proyectos busca el diseño y estructuración técnica de nuevos proyectos, dentro de la operación se genera una supervisión y gestión de la operación diaria del sistema energético y la de mantenimiento se encarga de la planeación y ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

- ***Área Comercial***

La dirección comercial administra la relación con los clientes, las tarifas, la facturación y la estrategia de mercado (Babatunde, y otros, 2022). El proceso de comercialización eléctrica de la empresa se orienta a planificar y gestionar la oferta de servicios, asegurando un portafolio actualizado y una atención integral, oportuna

y satisfactoria para el mercado. Este proceso incluye la gestión estratégica de la subgerencia, así como las actividades de estadísticas, información y presupuesto (Villa Ramírez & Cruz Jurado, 2008).

La subárea de gestión de clientes lidera los procesos misionales de conexión y sostenimiento de clientes, garantizando el acceso oportuno y eficiente al servicio de energía eléctrica, considerado un derecho constitucional. Incluye la matrícula de nuevos usuarios, la instalación de medidores, la operación del laboratorio de calibración y la ejecución técnica y administrativa de las conexiones. También es responsable del servicio posventa, gestionando de manera integral la atención de Peticiones, Quejas y Reclamos (PQR), la interventoría de contratos de recuperación y normalización de energía, así como la atención especializada a grandes clientes, brindando asesoría técnica, evaluación de calidad del servicio y seguimiento a su facturación. Esta subárea también impulsa la estrategia comercial de la empresa, basada en la segmentación del mercado, el diseño de productos y servicios energéticos innovadores (como eficiencia energética y soluciones renovables), la diversificación de canales de atención (digitales, presenciales y telefónicos), la fidelización de usuarios mediante programas educativos, y el fortalecimiento del posicionamiento de marca.

Por otro lado, la subárea de medición, facturación y pérdidas es la encargada de asegurar la correcta lectura, análisis y procesamiento de la información de consumo de energía. Supervisa los sistemas de medición y gestiona los procesos de prefacturación, crítica y facturación definitiva, incluyendo la revisión de inconsistencias detectadas por los sistemas de Multiservicios. Además, esta subárea se encarga del monitoreo y control de pérdidas técnicas y no técnicas, liderando acciones para su reducción y promoviendo la eficiencia operativa. Trabaja de manera articulada con las áreas de operación y mantenimiento para detectar anomalías, implementar tecnologías de medición avanzada y garantizar la transparencia en la facturación al usuario.

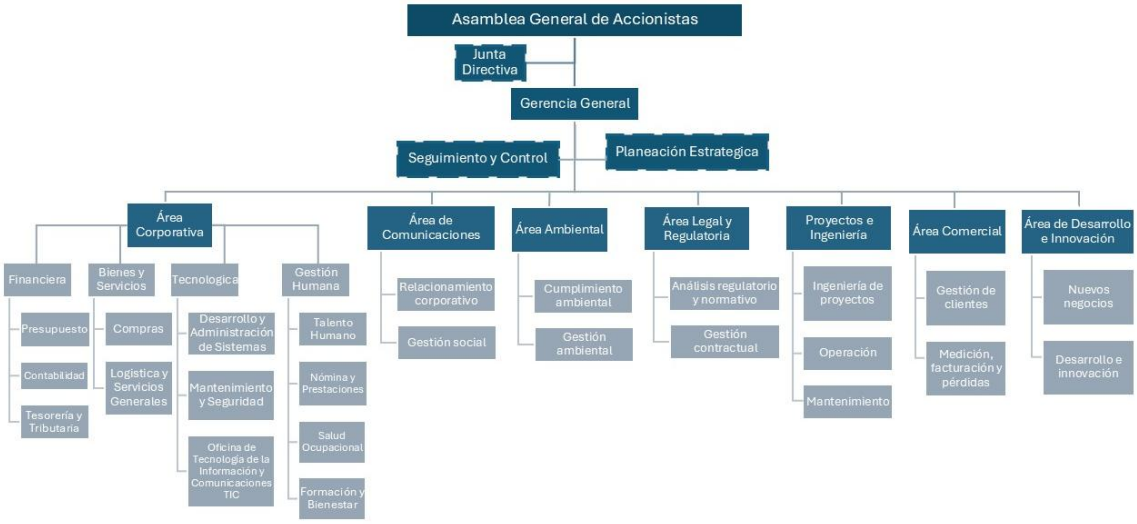
- ***Área de Desarrollo e Innovación***

El Área de Desarrollo e Innovación tiene como propósito fortalecer la capacidad operativa de la organización mediante la formulación de estrategias corporativas aplicadas, así como el diseño e implementación de soluciones innovadoras que optimicen procesos, proyectos y servicios vigentes.

La subárea de nuevos negocios y estrategia corporativa se encarga de traducir los objetivos institucionales en estrategias concretas que fortalezcan la gestión interna y orienten la toma de decisiones a nivel corporativo y territorial. Alinea los proyectos en ejecución con las prioridades del sector energético, coordina el análisis situacional de la empresa para detectar oportunidades de mejora y diseña intervenciones integradas (técnicas, administrativas y sociales) que generen impactos visibles y medibles. Además, lidera la identificación, estructuración y desarrollo de nuevos negocios, con énfasis en sostenibilidad, transformación energética y generación de valor compartido. Promueve alianzas estratégicas, evalúa la viabilidad de nuevos servicios o mercados y acompaña su implementación desde una visión de crecimiento corporativo.

Por otro lado, el desarrollo e innovación promueve la mejora continua de los procesos organizacionales a través de la incorporación de herramientas tecnológicas, metodologías ágiles y soluciones innovadoras que fortalezcan la eficiencia operativa, reduzcan costos y mejoren la calidad del servicio. Entre sus líneas de acción están: la optimización de procesos internos; la adopción de tecnologías como automatización, digitalización y sistemas de monitoreo inteligente; la gestión del conocimiento organizacional; y la implementación de buenas prácticas desde el aprendizaje colaborativo. También lidera la prueba, adaptación y escalamiento de soluciones innovadoras de bajo costo y alto impacto, orientadas a resolver desafíos operativos o sociales dentro del sector energético.

Figura 11. Estructura organizacional tipo de las empresas del sector eléctrico.



Fuente: elaboración propia con base en organigramas de empresas.

Síntesis del entorno organizacional

- La interacción entre las entidades reguladoras, operativas y de planeación permite un sistema con un alto nivel de especialización en cada área. A medida que el sector enfrenta la transición energética, es importante continuar fortaleciendo la colaboración entre los actores del sistema para asegurar una modernización coherente, integrando energías renovables y nuevas tecnologías.
- Con la presencia de empresas tanto públicas como privadas en las diversas áreas del sector eléctrico, las oportunidades laborales se diversifican, lo cual exige un ajuste en los perfiles ocupacionales, no solo para cargos operativos, sino también para especialistas en normativas, regulación energética y control de calidad, lo cual demanda programas educativos orientados a estas nuevas áreas emergentes del mercado laboral.
- La estructura organizacional del sector, con entidades como la UPME, CREG y MinMinas, demuestra la necesidad de contar con profesionales no solo en las áreas técnicas, sino también en la gestión de proyectos energéticos y la planificación a largo plazo. Los programas educativos podrías enfocarse en competencias administrativas, regulativas y de planificación estratégica, necesarias para liderar proyectos en un entorno energético en evolución.

BIBLIOGRAFÍA

Acolgen. (2024). *Asociados*. Obtenido de Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica: https://acolgen.org.co/asociados

Aldana, A. (2012). *Análisis crítico de la Evaluación de Impacto Ambiental en el sector eléctrico colombiano y propuesta de mejora. .* Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ANDEG. (2024). *Empresas asociadas*. Obtenido de Asociación Nacional de Empresas Generadoras: https://www.andeg.org/empresas-asociadas/

Ángel-Sanint, E., García-Orrego, S., & Ortega, S. (2023). Refining wind and solar potential maps through spatial multicriteria assessment. Case study: Colombia. *Energy for Sustainable Development*, 73. doi:https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.01.019

ASOCODIS. (2024). *Asociados*. Obtenido de Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica: https://asocodis.org.co/quienes-somos/asociados.html

Australian Energy Council. (2023). *SOLAR REPORT, QUARTER 1.*

Babatunde, O., Buraimoh, E., Tinuoye, O., Ayegbusi, C., Innocent, D., & Eseoghene , D. (2022). Electricity sector assessment in Nigeria: thepost-liberation era. *Cogent engineering*. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/23311916.2022.2157536?src=getftr&utm_source=scopus&getft_integrator=scopus

Bersano, L., & Paredes, J. (2017). En Colombia, el fenómeno del Niño, nos pone a prueba. *Energía para el Futuro*. Obtenido de https://blogs.iadb.org/energia/es/2406/

Blanco-Ariza, A., Cáceres-Martelo, A., Nava-Sarmiento, E., Melamed-Varela, E., Estrada-López, H., & Saumett-España, H. (2019). *Estructuras*

Organizacionales y Competitividad: Una mirada de las medianas empresas. Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.

CELSIA. (2023). *Celsia vende una parte de sus activos en Centroamérica y mantiene negocios de energía solar y eficiencia energética en la región*. Obtenido de CELSIA: https://www.celsia.com/es/noticias/celsia-vende-una-parte-de-sus-activos-en-centroamerica-y-mantiene-negocios-de-energia-solar-y-eficiencia-energetica-en-la-region/

Choi, C., Cagle, A., Macknick, J., Bloom, D., Caplan, J., & Ravi, S. (2020). Effects of Revegetation on Soil Physical and Chemical Properties in Solar Photovoltaic Infrastructure. *Frontiers in Environmental Science*, 140. doi:https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00140

Cifuentes, J., & Giraldo, A. (2016). *Cadenas de valor y sostenibilidad en Latinoamérica, sector de energía eléctrica en Colombia.* Cap. 7.

Congreso de la República de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Bogotá: DIARIO OFICIAL. AÑO CXXIX. N. 41146. 22, DICIEMBRE, 1993. PAG. 1.

Congreso de la República de Colombia. (13 de 05 de 2014). *Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014.* Obtenido de upme: http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf

Corficolombiana. (2022). *ACTUALIDAD DEL SECTOR ENERGÉTICO COLOMBIANO Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO.* Corficolombiana.

Cortes, S., & Arango, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas, 25*, 38.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (Marzo de 2020). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas, revisión 4 adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.) . Bogotá, D.C.: DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE. (2024).

Departamento Nacional de Estadística - DANE y otros. (2022). Clasificación Única de Ocupaciones para Colombia (CUOC). Bogotá, D.C.: DANE.

EIA. (2024). *Electricity explained*. Obtenido de U.S. Energy Information Administration: https://www.eia.gov/energyexplained/

Enel. (2024). *Subsidios y Consumo de Subsistencia*. Obtenido de Enel Colombia: https://www.enel.com.co/es/personas/subsidios-y-consumo-de-subsistencia.html

Energy Information Administration. (2025). *Electricity explained*. Obtenido de How electricity is generated: https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/how-electricity-is-generated.php

EPM. (2019). *Noticias Proyecto Ituango*. Obtenido de EPM: https://www.epm.com.co/institucional/proyectos/hidroituango/noticias-proyecto-ituango/proyecto-hidroelectrico-ituango-volvio-a-superar-los-6000-empleos-directos.html

EPM. (2024). *El grupo EPM pone la mira en más países latinoamericanos*. Obtenido de https://www.colombia.com/actualidad/economia/sdi/87186/el-grupo-epm-pone-la-mira-en-mas-paises-latinoamericanos

EPM. (29 de Enero de 2024). Estructura Administrativa. Colombia.

Garces, E., Tomei, J., Franco, C. J., & Dyner, I. (2021). Lessons from last mile electrification in Colombia: Examining the policy framework and outcomes for sustainability. *Energy Research & Social Science, 79*(102156).

García Sierra, R., Guzmán Vásquez, A., Prada Ramírez, F., & Trujillo Dávila, M. (2020). *Gobierno Corporativo y Gestión de Activos en el Sector Eléctrico.* Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administración. Obtenido de

https://www.icgc.com.co/wp-content/uploads/2020/02/LB-01-Gob-Cop-en-el-Sector-El%C3%A9ctrico.pdf

Grupo de Energía de Bogotá. (2015). *Gestión Ambiental*. Obtenido de GrupoEnergíaBogotá: https://www.grupoenergiabogota.com/sostenibilidad/desempeno-ambiental/gestion-ambiental

Grupo de Energía de Bogotá. (2025). *Reporte de Sostenibilidad*. Obtenido de Grupo de Energía de Bogotá: https://www.grupoenergiabogota.com/sostenibilidad/reporte-de-sostenbilidad

Iberdrola. (2024). *'Blockchain' en el mercado energético.* https://www.iberdrola.com/innovacion/blockchain-energia.

IDEAM. (2017). *Atlas de viento de Colombia.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2021). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).* Obtenido de UNFCCC: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf

IEA. (2021). *Bioenergy Power Generation.* International Energy Agency.

IEA. (2024). *World Energy Employment 2024.* International Energy Agency.

Ingfocol Ltda. (s.f.). *Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia.* Recuperado el Octubre de 2024, de https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf

Instituto Catalán de Energía. (s.f.). *Las centrales térmicas convencionales*. Recuperado el Octubre de 2024, de

https://icaen.gencat.cat/es/energia/formes/electricitat/tecnologies/centrals_convencionals/

IPSE. (2024). *Boletín de Datos Agosto de 2024.* Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas.

IPSE. (2024). *Energía para la Paz*. Obtenido de Página Web del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas - IPSE: https://ipse.gov.co/blog/2023/02/10/energia-para-la-paz-iniciativa-de-usaid-apoyado-por-el-gobierno-nacional-busca-impulsar-9-comunidades-energeticas-en-colombia/

IRENA & OIT. (2024). *Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2024.* International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2017). *GEOTHERMAL POWER - TECHNOLOGY BRIEF.* International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2020). *Innovation Outlook: Ocean Energy Technologies.* International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2024). *Country Profiles*. Obtenido de https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Renewable-Energy-Balances/Country-Profiles

IRENA. (2024). *Solar energy*. Obtenido de International Renewable Energy Agency: https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy

ISA. (2023). *Reporte Integrado de Gestión 2023*. Obtenido de Interconexión Eléctrica ISA: https://informesempresariales.isaintercolombia.com/2023/

ISA INTERCOLOMBIA. (2024). *Transmision de energia electrica*. Obtenido de ISA INTERCOLOMBIA: https://isaintercolombia.com/nosotros/

Marco Nacional de Cualificaciones (MNC). (agosto de 2024). Orientaciones metodológicas para el diseño de cualificaciones - Etapa A. Bogota: Ministerio de Educación Nacional (MEN).

MinEnergía. (2023). *Diagnóstico base para la transición energética justa.* Obtenido de Minenergia: https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2._Diagn%C3%B3stico_base_para_la_TEJ.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Ciclo de vida de plásticos con retardantes de llama bromados COP 2022.* Obtenido de AULAMADS: https:// aulamads.minambiente.gov.co/enrol/ index.php?id=217

Ministerio de Educación Nacional y Departamento Nacional de Estadística. (20 de septiembre de 2020). Descripción de las 26 áreas de Cualificación. versión 1_20_09_2020. Bogotá, D.C.: MEN, MNC.

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER*. Recuperado el 7 de Octubre de 2024, de https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/

MME. (2021). *Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia.* Ministerio de Minas y Energía.

MME. (2022). *Plan Estratégico de Tecnologías de la Información 2024-2027.* Ministerio de Minas y Energía.

MME. (2022). *Por primera vez, Colombia inicia el proceso para implementar tecnología de punta en materia de transmisión de energía eléctrica*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/por-primera-vez-colombia-inicia-el-proceso-para-implementar-tecnología-de-punta-en-materia-de-transmisión-de-energía-eléctrica/

MME. (2024). *Energía eólica costa afuera*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energia: https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/energía-eólica-costa-afuera/

MME. (2025). *Comunidades energéticas* . Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/

MME, UPME, DEA & Emergente. (2025). *Catálogo Tecnológico Colombiano - Tecnologías de generación y almacenamiento de energía.* Ministerio de Minas y Energía.

Montes, S. (19 de Febrero de 2019). *Las plantas hidroeléctricas representan 68% de la oferta energética en Colombia.* Obtenido de La República: https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/las-plantas-hidroelectricas-representan-68-de-la-oferta-energetica-en-colombia-2829562

Munar Rincón, N., & Nieto, J. D. (2024). *Hacia una sociedad movida por el sol y el viento.* Departamento Nacional de Planeación.

Ortiz Jara, R., Pérez-Arriaga, J., Dueñas, P., González, A., Eslava Mejía, M., & Miguel, R. (2020). *Misión de Transformación Energética y Modernización de la Industria Eléctrica: Hoja de Ruta para la Energía del Futuro.* Ministerio de Minas y Energía.

Pérez-López, E. (s.f.). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial. Tecnología en Marcha. Vol 28, No. 4.* Recuperado el Octubre de 2024, de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf

PROCOLOMBIA. (2024). *Energía renovable*. Obtenido de Invest in colombia: https://investincolombia.com.co/es/sectores/energia/energia-renovable

SENA. (2013). *Caracterización del sector eléctrico Colombiano.* Medellín: Servicio Nacional de Aprendizaje Colombia.

SUI. (2024). *Subsidios y contribuciones facturados por departamento*. Obtenido de Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios: https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Energia/Reportes-comerciales/Subsidios-y-contribuciones-facturados-por-departamento

Superservicios. (2024). *Servicios públicos domiciliarios en Colombia - Memoria, retos y visión.* Superintendencia Servicios Públicos Domiciliarios.

Superservicios. (2024). *Soluciones energéticas incluyentes y democráticas son los compromisos del Gobierno del Cambio para las zonas no interconectadas del país: Superservicios*. Obtenido de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: https://www.superservicios.gov.co/Sala-de-prensa/noticias/soluciones-energeticas-incluyentes-y-democraticas-son-los-compromisos-del-gobierno-del-cambio-para-las-zonas-no-interconectadas-del

Unidad de Planeación Minero Energética -UPME. (s.f.). Recuperado el 7 de octubre de 2024, de Plan Energético Nacional 2020-2050: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf

UPME. (2019). *Guía para la incorporación de la dimensión minero energética en los planes de ordenamiento municipal.* Unidad de Planeación Minero-Energética.

UPME. (2022). *Identificación de los bienes y servicios que son requeridos para la Captura, secuestro y utilización de carbono.* Unidad de Planeación Minero Energética.

UPME. (2023). *Informe de Gestión 2023.* Unidad de Planeación Minero-Energética.

Villa Ramírez, B. F., & Cruz Jurado, C. A. (2008). *Desarrollo de una Nueva Estructura Organizacional en la Empresa de Energía de Pereira S.A E.S.P.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3542288-e920-4c13-a23c-f61b78101952/content

XM. (2021). *Informes de resultados Asamblea*. Obtenido de https://informeanual.xm.com.co/2020/assets/documentos/reporte-de-sostenibilidad-operacion-mercado-2020.pdf

XM. (2024). *Exportaciones de Energía*. Obtenido de https://www.xm.com.co/internacionales/exportaciones

XM. (2024). *Transacciones Internacionales en Energía*. Obtenido de Sinergox: https://sinergox.xm.com.co/ntrcmb/Paginas/Informes/TransaccionesInternacionalesEnergia.aspx

XM. (2025). *Capacidad efectiva neta por tipo de generación*. Obtenido de XM: https://paratec.xm.com.co/reportes/capacidad-efectiva-neta-tipo-generacion

World Energy Council (2014). Energy Trilemma Index. Disponible en https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/11/20141105-Index-report.pdf [10 enero 2015].

[i] revisar cadena ampliada