



Formando líderes para la construcción
de un nuevo país en paz



COLOMBIA Y SU SISTEMA ENERGÉTICO A PARTIR DE COMBUSTIBLES FÓSILES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y QUÍMICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TUTOR:

ING. DIEGO SANCHEZ

PRESENTADO POR:

LAYNA LITZAY MARTINEZ VERA

PAMPLONA, 2023



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



COLOMBIA Y SU SISTEMA ENERGÉTICO A PARTIR DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y QUÍMICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

DIPLOMADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

LAYNA LITZAY MARTINEZ VERA

PAMPLONA, 2023



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Tabla de contenido

La importancia de las termoeléctricas y como se dio su origen.....	9
Primeros intentos de generación de energía termoeléctrica	10
Crecimiento e impacto de las centrales termoeléctricas a nivel mundial.	14
El potencial de los grandes sistemas termoeléctricos en la producción de energía.....	15
Los hidrocarburos esenciales en la producción energética	16
Producción limpia y su normativa.....	17
Normativa Colombiana para el funcionamiento de las termoeléctricas.....	23
Plan Energético Nacional 2020-2050	23
Pilares del PEN 2020-2050	24
Metas del PEN 2020-2050	24
PAI-PROURE 2022-2030	26
Balance de Energía Útil para Colombia (BEU).....	29
Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Colombiana 2016-2019	31
Programa de Evaluación Industrial PEVI 2018-2022.	31
Termoeléctricas en Colombia.....	34



Termoeléctricas a base de carbón	37
Termopaipa	38
Termotasajero 1	39
Termotasajero 2	40
Gecelca 3.....	42
TermoGuajira	45
Termoeléctricas a base de Gas Natural y derivados del petróleo	47
Merilétrica	47
El Tesorito.....	49
Termoyopal	50
Termovalle	52
Termoemcali	53
Termocandelaria	54
Termobarranquilla.....	55
Termoflores S.A.E.S.P.....	57
Proeléctrica	59
Termo mechero morro	60



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Termocartagena.....	61
Termocentro	62
Conclusiones	64
Referencias Bibliográficas	66



Tabla de Imágenes

Imagen 1 Efecto Seebeck	11
Imagen 2 Efecto Peltier	12
Imagen 3 Efecto Thomson	13
Imagen 4 Distribución de Consumo de Energía Final. Colombia - 2015. PROURE 2017-2022.....	30
Imagen 5 Grafica de capacidad efectiva de generación energética.....	35
Imagen 6 Distribución Geográfica del Parque de Generación Eléctrica Colombiano del Sistema Eléctrico Nacional	36
Imagen 7 Consumo Mensual de Carbón	37
Imagen 8 Planta Termopaipa.....	39
Imagen 9 Planta Termotasajero 1.....	40
Imagen 10 Planta Termotasajero 2.....	42
Imagen 11 Cental Eléctrica Gecelca	45
Imagen 12 TermoGuajira	47
Imagen 13 Central Térmica Merilétrica	48
Imagen 14 Termoeléctrica El Tesorito.....	50



Imagen 15 Central Termoyopal.....	52
Imagen 16 Central Termovalle.....	53
Imagen 17 Central Termoemcali.....	54
Imagen 18 Central Termocandelaria	55
Imagen 19 Planta Térmica TEBSA	57
Imagen 20 Zona Franca. Termoflores	58
Imagen 21 Planta Proeléctrica.....	59
Imagen 22 Termo Mechero Morro.....	61
Imagen 23 Central Termoeléctrica Cartagena.....	62
Imagen 24 Termocentro	63



La importancia de las termoeléctricas y como se dio su origen

El crecimiento económico y la eficiencia de los recursos a disposición es la mayor preocupación de los países, esto debido a que el crecimiento económico es un factor importante, ya que de una u otra forma da paso a mejorar la calidad de vida, aumentando las posibilidades de acaparar la demanda social.

Los recursos con los que dispone cada país tienen la misma característica y es que no son recursos ilimitados y no se puede hacer uso de ellos de forma inconsciente, por lo cual, es primordial un adecuado aprovechamiento de estos, pues su uso inadecuado y desconsiderado repercutirá en los niveles de producción de cada economía y esto a su vez en los niveles de calidad de vida, además de determinar qué tan asequible serán los bienes y servicios que se producirán a partir de estos.

Para poder generar un adecuado crecimiento económico y lograr cubrir la demanda económica de un país es necesario identificar cuáles son los factores que permiten generar una constante evolución y no solo eso, sino que ayude a que el día a día sea más llevadero. Dentro de estos factores se encuentra la energía eléctrica la cual está presente en múltiples aspectos de la vida cotidiana.

Teniendo en cuenta lo anterior y que es fundamental velar por los bienes y servicios de la comunidad, se crean instituciones que permitan satisfacer en su totalidad y de la mejor forma la demanda que se genera con el avanzar del tiempo, es por esto que existe una red de producción



energética que está compuesta por hidroeléctricas, termoeléctricas, plantas eólicas y plantas solares que son las responsables de generar energía eléctrica; cabe aclarar que todas ellas son el producto de una necesidad de la humanidad para la continua evolución de la sociedad, permitiendo que se goce de múltiples beneficios producto de la generación eléctrica.

Para poder llegar a conocer e implementar lo que hoy en día son las mayores generadoras de energía fue necesario realizar diversos ensayos, experimentos y desarrollar teorías que no siempre iban por el camino correcto, esto duro durante un largo tiempo donde se encontraron ventajas y desventajas de su implementación, pero gracias a estos tropiezos y aciertos se obtiene una evolución formidable para la generación de energía eléctrica.

Primeros intentos de generación de energía termoeléctrica

El inicio de la generación de energía termoeléctrica se remonta a principios del siglo XIX, con el descubrimiento del efecto Seebeck por parte del físico alemán Thomas Johann Seebeck.

En 1826 el efecto Seebeck es la conversión de diferencias de temperatura directamente a electricidad. Con este descubrimiento Seebeck observo que una diferencia de temperatura entre dos metales diferentes en sus uniones provocaba que una corriente eléctrica fluyera a través de un circuito cerrado, lo que condujo al desarrollo del primer termopar [1]. Este descubrimiento allanó el camino para una mayor experimentación con generadores termoeléctricos.

Imagen 1 Efecto Seebeck

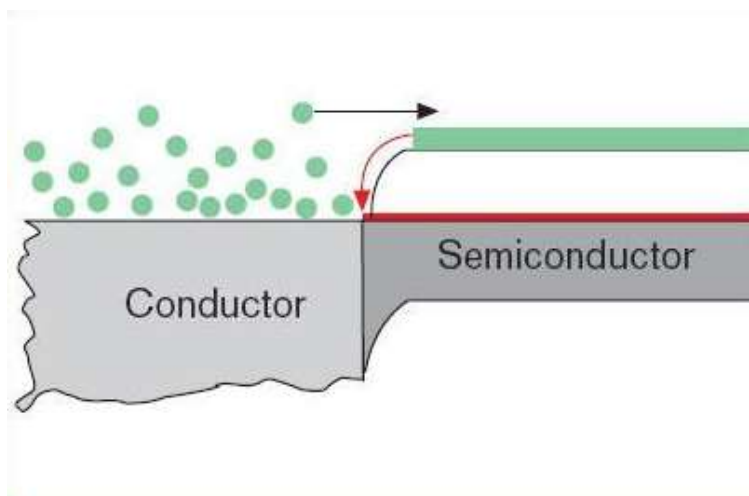


Fuente 1 Tomado de <https://www.tecnicaindustrial.es/termoelectricidad-la-energia-del-desequilibrio/>

En 1834, el físico francés Jean Charles Athanase Peltier descubrió el efecto de bombeo de calor termoeléctrico, también conocido como efecto Peltier, consiste en la diferencia térmica a partir de una diferencia de potencial eléctrico. Ocurre cuando una corriente pasa a través de dos metales similares o semiconductores que están conectados entre sí en dos uniones. La corriente conduce una transferencia de calor desde una unión hasta la otra. Una unión se enfría mientras que la otra se calienta. El efecto es utilizado para refrigeración termoeléctrica lo cual es lo inverso al efecto Seebeck [2][3]. Estos primeros descubrimientos llevaron a los primeros experimentos con generadores termoeléctricos, que se utilizaron para alimentar pequeños dispositivos como telégrafos y relojes.



Imagen 2 Efecto Peltier

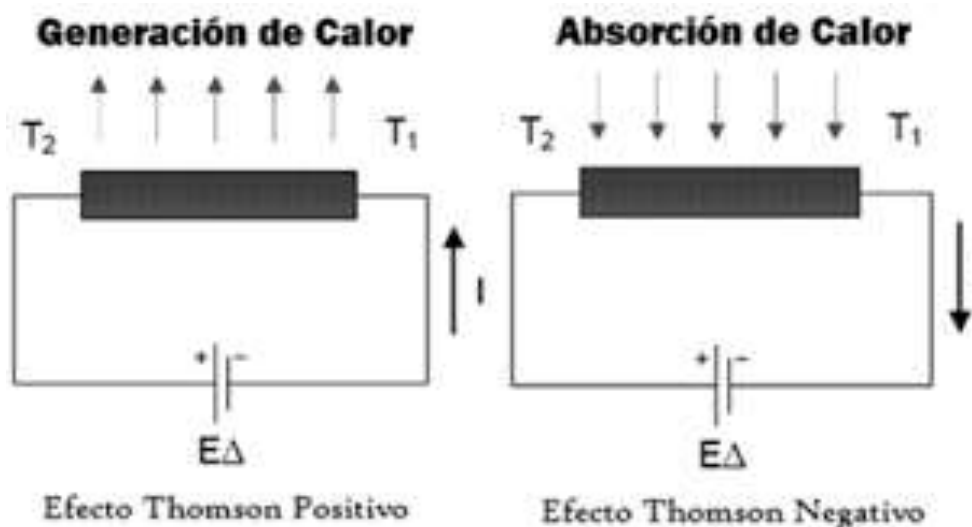


Fuente 2 Tomada de <https://www.tecnicaindustrial.es/termoelectricidad-la-energia-del-desequilibrio/>

En 1851 William Thomson observó experimentalmente lo que se conoce como efecto Thomson el cual describe el calentamiento o enfriamiento de un conductor portador de corriente con una diferencia de temperatura en dos puntos, donde bien este podría absorber o emitir calor según corresponda el material por el cual se conduzca.

En materiales como el zinc y el cobre que tienen un extremo caliente a mayor potencial y un extremo frío a menor potencial, cuando la corriente se mueve de un extremo caliente al extremo frío, se mueve de un alto a un bajo potencial lo cual permite que se genere una producción de calor lo cual se conoce como efecto Thomson positivo. De forma contraria los metales como el cobalto, níquel y hierro absorben el calor y a esto se le conoce como efecto Thomson negativo.

Imagen 3 Efecto Thomson



Fuente 3 Tomada de Termoelectricidad: uso de las celdas Peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones. Revistas UNIMINUTO

Sin embargo, los primeros intentos de generación de energía termoeléctrica enfrentaron limitaciones y desafíos. La eficiencia de los generadores termoeléctricos era baja y no podían competir con otras fuentes de energía como el carbón y la energía de vapor [4]. No fue sino hasta finales del siglo XIX y principios del XX que la generación de energía termoeléctrica comenzó a ganar fuerza, con la instalación de la primera central termoeléctrica comercial del mundo en Nueva York en 1882 [5]. Hoy en día, las centrales termoeléctricas se utilizan en todo el mundo para generar electricidad a partir de energía térmica y siguen siendo una importante fuente de producción de energía [6][7][8].



Crecimiento e impacto de las centrales termoeléctricas a nivel mundial.

Las centrales termoeléctricas han jugado un papel importante en el crecimiento de la producción de electricidad a gran escala en todo el mundo. La Central Termoeléctrica de San Juan, inaugurada en 1950, marcó el inicio de la producción de electricidad a gran escala en Puerto Rico [14]. Hoy en día, las plantas termoeléctricas son uno de los pilares básicos de la producción mundial de electricidad, siendo la mayoría de las plantas termosolares existentes en el planeta las que utilizan esta tecnología [15][16]. El auge de la generación de energía termoeléctrica a gran escala ha sido impulsado por la necesidad de fuentes de electricidad confiables y eficientes para satisfacer las crecientes demandas de la sociedad moderna.

Si bien las centrales termoeléctricas han proporcionado una importante fuente de electricidad, no se puede ignorar su impacto en el medio ambiente y la economía. La quema de combustibles fósiles para generar electricidad ha contribuido a la contaminación del aire y al cambio climático [17]. Además, el costo de construir y mantener plantas termoeléctricas puede ser significativo, lo que ha llevado a un mayor interés en las fuentes de energía renovable. Sin embargo, los avances en la tecnología termoeléctrica han llevado a mejoras en la eficiencia y reducción del impacto ambiental [18]. Como resultado, las plantas termoeléctricas siguen siendo una fuente importante de electricidad en todo el mundo.

Los desarrollos actuales y futuros en tecnología termoeléctrica se centran en mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. La energía solar termoeléctrica ha mostrado potencial



para satisfacer una parte significativa de la demanda mundial de electricidad para 2050 [19].

Además, existe un interés creciente en el desarrollo de infraestructura con un enfoque en la sostenibilidad y las fuentes de energía renovables [10]. A medida que la demanda de electricidad continúa creciendo, es probable que las centrales termoeléctricas continúen desempeñando un papel importante para satisfacer esta demanda y, al mismo tiempo, trabajar hacia un futuro más sostenible.

El potencial de los grandes sistemas termoeléctricos en la producción de energía.

La tecnología termoeléctrica es un proceso que consiste en generar energía eléctrica a partir de energía térmica, como la que liberan los combustibles. Los grandes sistemas termoeléctricos tienen el potencial de ser una fuente efectiva de producción de energía debido a sus ventajas únicas. Estos sistemas utilizan calderas para convertir el agua en vapor, que luego se utiliza para impulsar turbinas y generar electricidad. En comparación con otros métodos de producción de energía, los grandes sistemas termoeléctricos son más eficientes y tienen un menor impacto ambiental. Por lo tanto, el uso de grandes sistemas termoeléctricos se ha vuelto cada vez más popular en los últimos años, ya que ofrecen una fuente confiable y sostenible de producción de energía.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Los hidrocarburos esenciales en la producción energética

Este compuesto orgánico conformado principalmente por carbono e hidrógeno el cual se puede destilar de otros compuestos que se encuentren en diferentes estados, es fundamental para el funcionamiento de los diversos sectores económicos; aunque a nivel mundial se ha implementado la descarbonización para evitar seguir cooperando con la crisis ambiental que enfrentamos, los hidrocarburos son y seguirán siendo el motor principal de la generación de energías necesarias para la humanidad durante un buen tiempo mientras las nuevas energías que se desean implementar cumplen con los requisitos necesarios para su implementación.

En Colombia el gremio encargado de la industria de hidrocarburos es La Asociación Colombiana del Petróleo y Gas (ACP) la cual determina que el 86,6% de la producción de petróleo nacional se centra en la región de la Orinoquia y la región andina, siendo lugares con características geológicas y geográficas aptas para la producción de estos.

Es importante saber que las anteriores regiones no son las únicas con estos yacimientos, puesto que también existen yacimientos significativos en la región amazónica como lo es en el departamento del Putumayo y en la región caribe en los departamentos del Cesar y Bolívar.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Producción limpia y su normativa

Las termoeléctricas al ser una fuente importante de generación de energía necesitan registrarse a ciertas normas o estamentos que las controlen para que estas cuenten con un adecuado funcionamiento que no involucre la integridad del ecosistema y que en un futuro venidero comprometa de mala manera a la humanidad por lo que cada país tiene un plan a seguir que permite el constante regulan de esta industria. ¿Qué normas deben seguir las termoeléctricas para su correcto funcionamiento?

Primeramente, es necesario ser conscientes que dentro de La Constitución Política de Colombia (1991) se enuncia los siguientes artículos:

“Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.”



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Con respecto a la política que promueve la producción limpia, la cual está dirigida hacia el sector energético, lo que se quiere impulsar es el empleo de energías más “limpias” ejemplo el gas, la innovación del hidrógeno como combustible y la activación de fuentes de energía renovables como los procesos a partir de energía solar y eólica. Esto permitirá priorizar además de regular las emisiones atmosféricas producto de los procesos de quema junto al adecuado uso de los residuos sólidos generados por plantas termoeléctricas.

Para dar respuesta a esto, el gobierno nacional da a conocer el Decreto 1933 DE 1994 por medio de este se regula el artículo 45 de la Ley 99 de 1993, este se adapta a las empresas que sean de tipo público, privada o mixtas, dueños de plantas de producción de energía hidroeléctrica como termoeléctrica, cuya potencia representativa instalada sea mayor a 10.000 kw.

Por otro lado, el Ministerio de Minas y Energía (**Minminas**) junto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (**MADS**) presentan el Decreto 644 del 16 de junio de 2021, donde por medio de este se reemplazan los artículos 2.2.9.2.1.4. y 2.2.9.2.1.5., se adiciona un párrafo al artículo 2.2.9.2.1.3. además, se aumenta el artículo 2.2.9.2.1.8.A. del Decreto 1076 de 2015, para los páramos del territorio que podrían ser afectados por la contaminación causada por las centrales termoeléctricas, donde

Los principales aspectos ambientales de la constitución respecto a las consecuencias generadas por las centrales termoeléctricas que se deben tener en cuenta son: Artículo 8 sobre la responsabilidad del estado y de las personas de proteger las riquezas naturales y culturales de la





nación, Artículo 49 Sobre la obligación del estado donde se garantice la salud además del saneamiento ambiental, Artículo 58 Sobre la propiedad privada: donde la función social y obligaciones inherentes, función ecológica, Artículo 95 donde habla del deber que tienen los colombianos con la protección de los recursos naturales. Artículo 215 en donde estipula el estado de emergencia cuando existan hechos que perturben de manera grave, entre otros, el orden ecológico del país.

Otras leyes que se deben tener en cuenta dentro del orden nacional relacionado a las termoeléctricas son: la Ley 23 de 1973, La Ley 2811 de 1974, Ley 09 de 1979 y la Ley 99 de 1993 las cuales se encargan de la administración y mantenimiento del medio ambiente y la riqueza natural fundamental para la vida.

Así mismo a fin de motivar el uso eficiente de la energía, en el 2014 se expidió la Ley 1715 de 2014, el cual promueve el desarrollo y la implementación de fuentes no convencionales al Sistema Energético Nacional, principalmente las fuentes renovables, esto con el fin de encaminar hacia el desarrollo sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la seguridad del abastecimiento energético.

Por medio de esta ley, el gobierno estableció incentivos que motivan a los involucrados a implementar nuevos equipos, maquinaria y utilizar energía a partir de fuentes no convencionales que sean más amigables con el medio ambiente.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Esta ley desarrolla 10 capítulos donde se establecen disposiciones para generar energía, se promueve el aumento de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCR), los impulsos hacia la eliminación de las barreras técnicas, administrativas y de mercado para el desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCR) y la gestión de la eficiente de la energía.

En cuanto a los incentivos que se tratan en el Capítulo III, donde se promueve principalmente a la inversión en proyectos de energía a partir de fuentes no convencionales, tenemos cuatro artículos que proporcionar ventajas a la implementación de estos

Art. 11. Estímulo para la promoción de energía a base de fuentes no convencionales. Se tendrá derecho a disminuir su renta por los 5 años posteriores a la inversión realizada. Este valor no superará el 50% del valor del gasto de capital realizado.

Art. 12. Herramientas para la generación de las FNCE. La promoción del uso de energía a partir de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable se excluirán del IVA a máquinas, aparatos, instrumentos y servicios nacionales o internacionales donde las FNCE sean implementadas.

Art. 13. Instrumentos para la generación y administración de las FNCE. Serán beneficiadas las personas que sean poseedoras de proyectos que involucren la implementación de FNCE, esto quiere decir que serán exentos del pago de los Derechos



Arancelarios de Importación en todo lo que respecta a máquinas, aparatos, instrumentos e insumos dirigidos a proyectos donde se utilicen las FNCE.

Art. 14. Herramientas hacia la generación y administración de las FNCE por medio de los incentivos tributarios. Al implementar y hacer parte de proyectos que estén enfocados en la utilización de las FNCE, se les permitirá ser beneficiarios de acciones que busquen el equilibrio entre la parte tributaria y financiera de las empresas, como lo es el régimen de depreciación acelerada en sus activos.

Por otro lado, cabe mencionar la importancia de la normatividad determinada a nivel internacional, en Argentina las centrales termoeléctricas se rigen por la Resolución 108 / 2001 de la Secretaría de Energía y Minería (SEM), en Australia "Protection of the Environment Operations General Regulation 1998". En Brasil La Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) N° 08 del 6 de diciembre de 1990 y en Canadá la "New Source Emission Guidelines for Thermal Electricity Generation" del 4 de enero de 2003.

Para concluir se debe destacar la importancia que los gobiernos a nivel internacional le dan a esta industria, ya que la contaminación causada por las centrales termoeléctricas afectan el aire de todos los ciudadanos y puede generar enfermedades y epidemias si no se lleva a cabo el cumplimiento de la norma, el uso de tecnologías que garanticen y proporcionen seguridad y un buen proceso de creación de energía, además del cumplimiento en el rol que tiene esta industria



con el compromiso de reforestar las zonas afectadas por la extracción de los combustibles fósiles que se requieren para el proceso eléctrico.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Normativa Colombiana para el funcionamiento de las termoeléctricas

En Colombia el Ministerio de Minas y Energía (**Minminas**), es el principal encargado de vigilar, delegar e implementar las medidas que se toman a cabo para enfrentar los cambios producto de la producción energética, dentro de sus esfuerzos para hacer de Colombia un país más verde y sustentable se creó una Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) la cual ha venido proponiendo medidas que regulen el ámbito energético y la transición a bajas emisiones de carbono, teniendo esto en cuenta desarrolló varios proyectos de eficiencia energética como lo es el programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE), el Balance de Energía Útil para Colombia (BEU), el proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Colombiana 2016-2019 y el Programa de Evaluación Industrial PEVI 2018-2022.

Plan Energético Nacional 2020-2050

El PEN es un documento que define una visión a largo plazo -en este caso de treinta (30) años- para el sector energético lo cual no quiere decir que pronostica cómo será el futuro al contrario plantea posibles escenarios donde se analiza aspectos tecnológicos, económicos, alternativas e identifica los posibles caminos que se podrían tomar velando por el sector energético colombiano, teniendo siempre en cuenta las implicaciones de cada posible camino y siempre siendo consecuente con los objetivos de política pública.

El PEN es el producto de la unión de tres partes elementales. La primera compete a la integración de la visión interdisciplinario en un entorno de ciencia y tecnología, economía y



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



sociedad y gobiernos y políticas públicas a largo plazo. La otra parte corresponde a la colaboración y construcción en conjunto entre la comunidad involucrada y el gobierno y finalmente, el modelamiento y análisis energético por parte de la UPME.

Pilares del PEN 2020-2050

El PEN tiene cuatro (4) pilares para alcanzar la visión propuesta teniendo en cuenta las áreas que permiten el impulso y dinamización de los actos del grupo privado, la academia y demás intermediarios involucrados en el alcance de la visión. Estos son:

1. La certeza del abastecimiento en cuanto a la energía.
2. Disminución y adecuación al cambio climático
3. Potencial y desarrollo económico
4. Conocimiento e innovación

Metas del PEN 2020-2050

Este es el grupo de acciones que permiten avanzar conforme a lo que se propone en la visión y las estrategias planteadas en los pilares, para de esta forma poder llegar a los resultados que se esperan. En este caso se plantean ocho objetivos:

Objetivo 1: Permitir la entrada al universo a soluciones energéticas justas, con modelos de calidad y factibles. Se busca proporcionar a los usuarios del país energía con condiciones de calidad para que se desarrollen las actividades cotidianas de la mejor forma.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Objetivo 2: Variar el molde energético. Pretende reducir el trance de desabastecimiento mediante el empleo de recursos locales, de nuevos energéticos y de tecnologías que completan el molde actual y la entrada de corrientes de mercadeo internacional.

La variación del molde energético está unido a la confianza y el abastecimiento; aunque, esta es una meta que también pretende brindar un ambiente productivo para el cambio y adelanto de nuevos negocios y lograr la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). (PEN, 2020, p.55)

Objetivo 3: disponer de un sistema energético resiliente. recalca el menester de dedicar, gestionar y conservar todos los recursos y el patrimonio humano, con la intención de proporcionar servicio energético ante posibles fallas o eventos extraordinarios que puedan alterar el flujo de energía.

Objetivo 4: Innovar en métodos energéticos de pequeñas emisiones de GEI. Esta meta se enfoca en la minimización de los GEI en la oferta y la demanda energética.

Objetivo 5: Acoger novedosas tecnologías para el empleo eficaz de recursos energéticos. Se enfoca en encaminar al sector energético a la modernización e implementación de tecnología que permita una producción más limpia y eficiente en vía a la reducción de costos y la competitividad en el mercado.



Objetivo 6: Promover el mercado internacional y generar un cambio hacia una economía circular. Esta meta se propone con miras a lograr dos metas más: primero es que el mercado energético colombiano efectúe conforme con condiciones de reto, de tal manera que los valores de los energéticos no acoten el desarrollo nacional, así poder facilitar la colaboración de nuevos actores y se fomente el cambio y el acogimiento de nuevas tecnologías. La segunda es que se cambie una transición en torno a una economía circular, que se caracterice por el empleo eficaz de los inputs de producción y una reducción de los residuos.

Objetivo 7: Continuar en la transformación digital y empleo de datos en el grupo energético. Se busca digitalizar el sector energético mediante la transformación digital para obtener la optimización y automatización de los procesos.

Objetivo 8: Impulsar el estudio, análisis y constante avance y fortalecer las técnicas de la mano de obra. Lo que busca este objetivo es fortalecer al capital humano de forma que la respuesta a las nuevas tecnologías sea positiva y permita aumentar los conocimientos y las capacidades en el ámbito de ciencias y tecnología, así como el aumento de los recursos de inversión para generar soluciones acordes

PAI-PROURE 2022-2030

El PROURE es un lineamiento que promueve el uso regulado de los principios básicos necesarios en la producción energética de un país, regulando su implementación desde su producción hasta su destino final en cada uno de los procesos en los cuales son empleados.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Además de esto el PROURE fija metas de ahorro de energía, acciones y medidas para alcanzar los objetivos propuestos durante el periodo donde se establecen.

Este programa desde su creación se ha implementado tres veces, siendo el primero el que se desarrolló en el periodo comprendido del 2010-2015, debido a su eficiencia surgió el segundo el cual fue desarrollado del 2017-2022 y el tercero el cual comprende el periodo del 2022-2030 como su tercera versión. Este programa se enfoca en el análisis del costo-beneficio y priorización de la eficiencia energética, teniendo en cuenta tres niveles como se expone en este programa (PROURE, 2022, p. 35).

- En cuanto al beneficio costo privado, se analiza el costo-beneficio del usuario y las inversiones que estos usuarios deben realizar para la correcta promoción de la eficiencia energética en cualquier sector que sea beneficiado.
- El beneficio costo sistémico es el segundo aspecto a analizar, pues en él se busca encontrar la forma más adecuada de resolver problemas complejos como lo puede ser los impactos negativos que provoca la implementación de servicios energéticos no regulados.
- En este nivel se analiza el beneficio a nivel social y cuál es el impacto que generan las políticas que se promueven para la regularización de la energía eléctrica eficiente.



Además de analizar el costo-beneficio para así poder determinar las metas este programa plantea ciertos objetivos que se relacionan con las metas que tienen propuestas para cada periodo:

1. **Actualizar** las medidas energéticas en los sectores de consumo, sin dejar de lado la constante puesta en marcha de equipos, maquinaria y estrategias nuevas en este sector.
2. **Integrar** correcciones o modificaciones en lo que respecta a las etapas por las cuales deben pasar los combustibles fósiles para su implementación en la generación de energía.
3. **Establecer** metas más realistas teniendo en cuenta la evaluación costo-efectividad.
4. **Identificar** qué acciones pueden tener incentivos tributarios.
5. **Proponer** acciones que correspondan a las metas que se establezcan.

Industria termoeléctrica: Lo que se plantea mediante este programa es que la reducción del potencial de consumo de energía sea de 25 petajoules para el periodo comprendido entre 2022-2030. Teniendo en cuenta que cuando se realizan prácticas operativas adecuadas desde su inicio hasta su final se ve reflejado en un ahorro de 11 Petajoules, en tanto al cambio en el ámbito tecnológico se genera un ahorro de 14 Petajoules.

Sector minero: Cuando se reduce el consumo energético se obtiene un total de 11 Petajoules para el periodo 2022-2030. Lo que nos lleva a que el factor más importante para el ahorro de potencial energético es el avance tecnológico.



Zonas térmicas y depósitos de energía: Al analizar las zonas térmicas y los depósitos de energía haciendo uso de la eficiencia energética se logró la reducción de alrededor de 0.35 Petajoules para las zonas térmicas y 1.02 Petajoules para los depósitos de energía.

Balance de Energía Útil para Colombia (BEU)

El BEU para Colombia se encarga de cuantificar y analizar el comportamiento de la energía empleada en los diferentes sectores, obteniendo de esta forma que tan ineficiente puede ser debido a la falta de tecnología, el manejo inadecuado en los procesos y la muy poca variedad de la matriz energética.

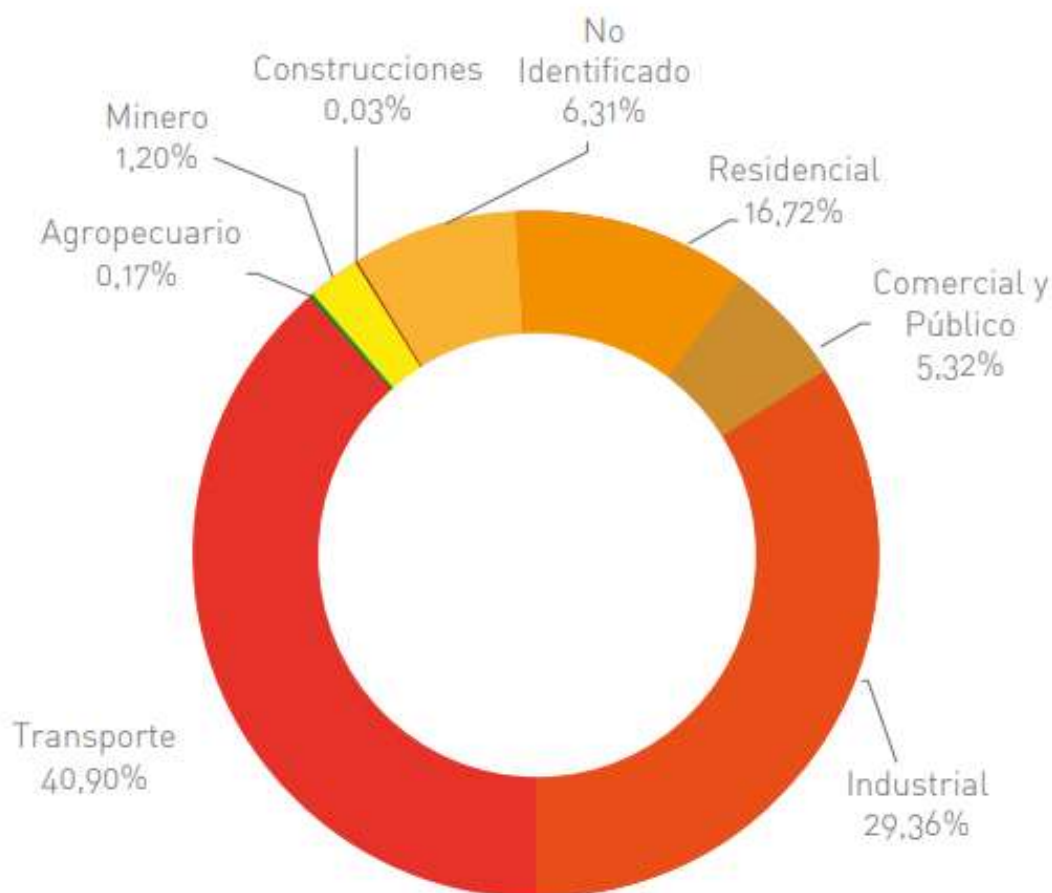


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 4 Distribución de Consumo de Energía Final. Colombia - 2015. PROURE 2017-2022



Fuente 4 PROURE 2015-2022

Los sectores que fueron analizados para poder realizar el balance fueron el sector comercial y público, industrial, residencial y transporte los cuales predominaban en los estudios realizados por el PROURE como se puede evidenciar en la ilustración 2. Los datos se obtuvieron del Balance Energético Colombiano 2015 (BECO) y el Programa de Uso Racional y Eficiente de



la Energía (PROURE 2017-2022), entre otros, los cuales permitieron conocer aspectos importantes como la ineficiencia de cada sector y las pérdidas económicas que se le relacionan.

Como resultado, se obtiene que la energía útil en Colombia es del 31%, la ineficiencia en el consumo es del 67%, lo que nos lleva a la conclusión que el país debe pagar entre 6.600 y 11.000 millones de USD al año. Teniendo en cuenta estos datos la Agencia Internacional de Energía (IEA) predice que es la motivación para un cambio en el sistema energético hacia uno globalmente sostenible.

Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria Colombiana 2016-2019

El EEI Colombia tiene como objetivo principal impulsar la eficiencia energética en el mercado, esto a través de ciertos componentes como lo son la implementación de normas y reglamentos, Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), optimización de sistemas de uso final de energía y esquemas para el avance en proyectos de eficiencia energética.

Programa de Evaluación Industrial PEVI 2018-2022.

El Programa de Evaluación Industrial PEVI le corresponde identificar y promover las opciones más convenientes en cuanto a la mejora del desempeño energético en los productores colombianos, esto mediante la creación y operación de lugares estratégicos como universidades regionales donde se fortalecerán de forma académica y práctica.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



El PEVI surgió como la continuación del éxito que tuvo el EEI Colombia, pero para que este proyecto se estableciera fue necesario realizar dos fases piloto las cuales fueron ejecutadas en el 2018 y 2019. Estas fases generaron los recursos necesarios para instaurar y comprobar los instrumentos, los esquemas y los métodos, para poder realizar el trabajo propuesto tanto con universidades como con industrias regionales.

Dentro de los objetivos del PEVI como se muestra en (PEVI, 2020, p. 4) se tiene que:

1. Se realiza un estudio y valoración de inconformidades que se presentan en la industria involucrada, para que de esta forma sirva como alusión a un nuevo sistema energético.
2. Instruir acerca de la finalidad y aprovechamiento de los sistemas de energía.
3. Reconocer las acciones que llevarán a un buen desempeño energético en el ámbito industrial, para de esta forma poder medir el beneficio de su implementación.

En conclusión, el PEVI permite:

- I. Consolidar las posibilidades de las universidades en el desarrollo técnico hacia la eficiencia de la energía.
- II. Suministrar de la forma más clara y precisa a estudiantes y empleados de las industrias el sistema de gestión energética.
- III. Promueve el uso eficaz de las herramientas de análisis y reconocimiento de las mejores opciones en cuanto a la eficiencia energética.



- IV. Fomentar la relación entre universidad-empresa-estado, para de esta forma generar ventajas en la gestión energética.

Para afianzar a futuro este proyecto, se planteó la fundación de centros o institutos para la valoración industrial, promoviendo el fortalecimiento de la ejecución y administración encaminado al reconocimiento y promoción de los posibles avances en la eficiencia energética para las industrias de su zona de influencia.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Termoeléctricas en Colombia

Colombia es uno de los países con mayor diversidad de recursos gracias a su excelente ubicación geográfica lo que le permite poseer innumerables riquezas naturales, dentro de estas riquezas se encuentran lo que conocemos como combustibles fósiles o más conocidos como hidrocarburos, permitiendo que Colombia se encuentre dentro de los seis países latinoamericanos que poseen recursos energéticos significativos y potenciales a futuro con reservas probadas de petróleo y gas natural, además de poseer una fuente significativa de carbón. Estos combustibles fósiles son utilizados como combustibles para el funcionamiento de las plantas necesarias para la generación de energía eléctrica mediante la combustión.

Actualmente Colombia cuenta con una proyección de demanda energética propuesta por el UPME, del cual se espera un crecimiento del 2.9% para el 2020-2030 las cuales se esperan sean cubiertas por las plantas energéticas de generación hidráulica, térmica, eólica y solar que se encuentran ubicadas a lo largo del país teniendo en cuenta a la disponibilidad de los recursos y la localización de la demanda como se muestra en la Imagen (5).

Dentro de esta diversidad de plantas generadoras de energía en Colombia, un poco más del 70% depende de las centrales hidroeléctricas debido a que este es un país rico en recursos hídricos lo cual las convierte en las principales generadoras de energía, pero existe un 31,5% que va destinado a las centrales alternativas o de respaldo energético a base de la quema de combustibles fósiles (hidrocarburos e hidrocarburos solidos) y el porcentaje restante lo cubren las



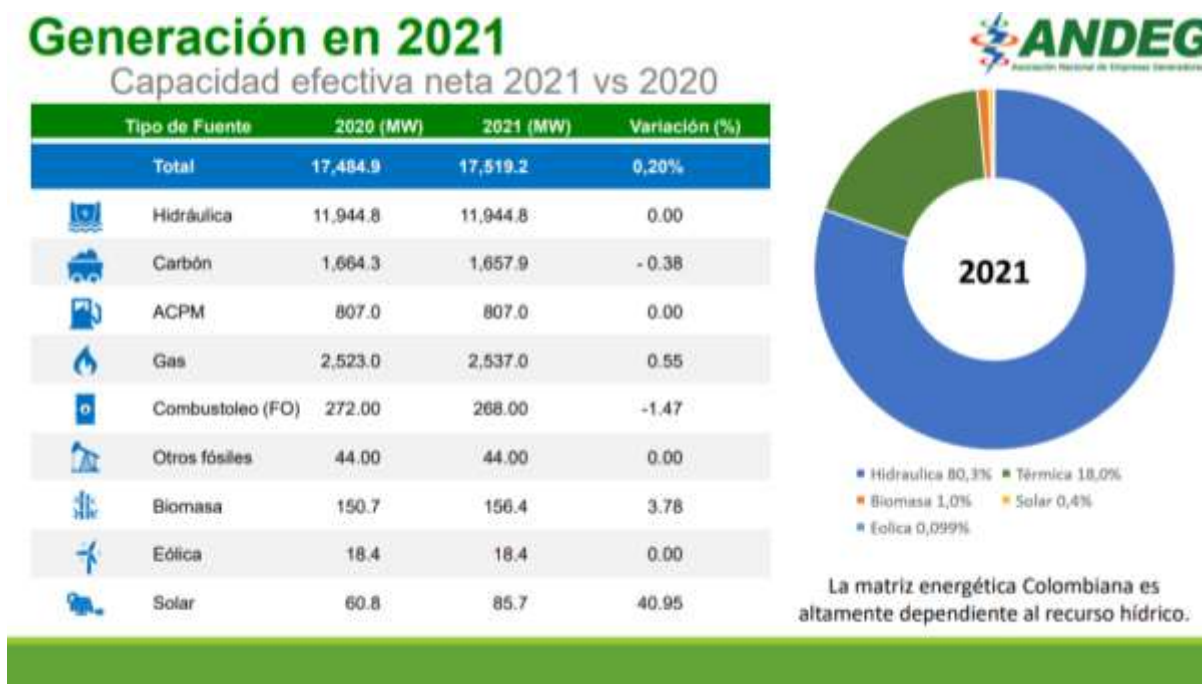
"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



plantas eólicas y solares que en los últimos años han incrementado su importancia debido a que el país se encuentra encaminado a la generación de energía limpia y sustentable para evitar a toda costa el impacto negativo al medio ambiente.

Las centrales eléctricas que conforman esta red energética permiten que exista un constante flujo de energía para que la demanda que se genera sea cubierta de forma adecuada, y que permita que las plantas que funcionan a partir de combustibles fósiles sean el apoyo de otros generadores como las hidroeléctricas, concediéndole al país una fuente constante y confiable de energía eléctrica.

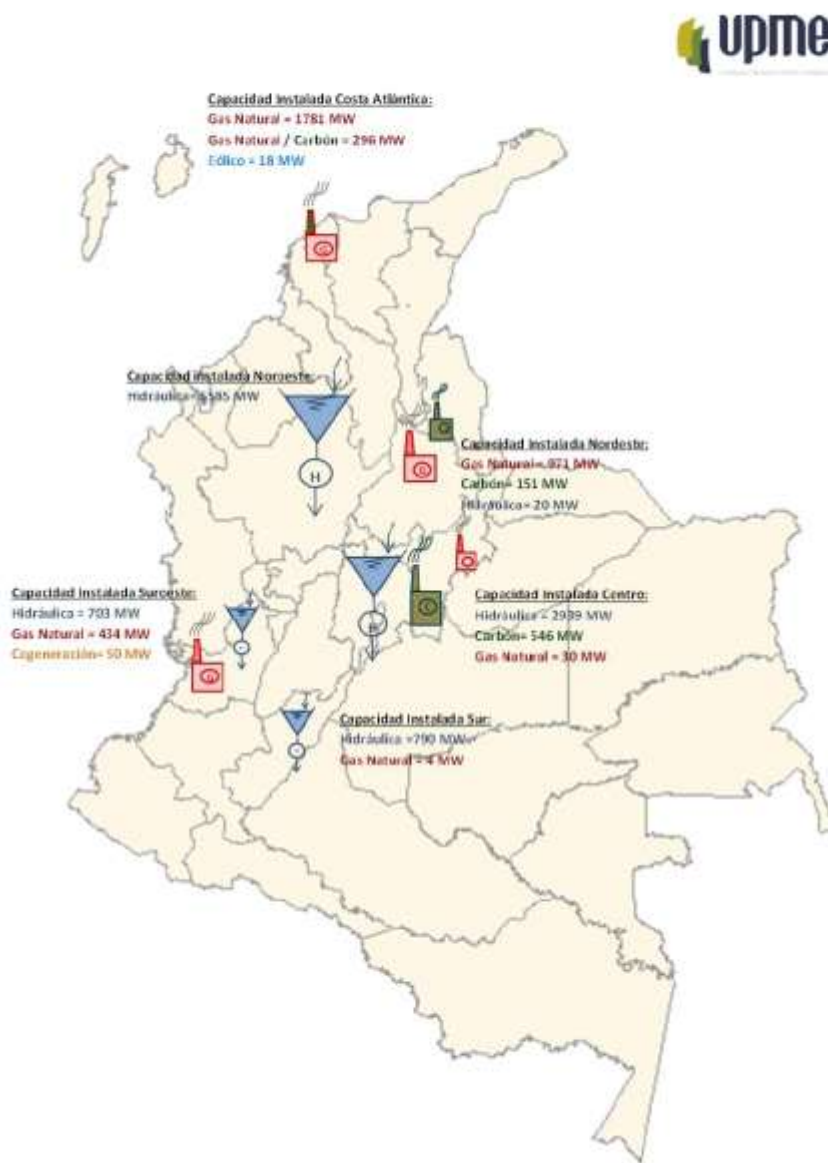
Imagen 5 Grafica de capacidad efectiva de generación energética



Fuente 5 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG



Imagen 6 Distribución Geográfica del Parque de Generación Eléctrica Colombiano del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente 6 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co

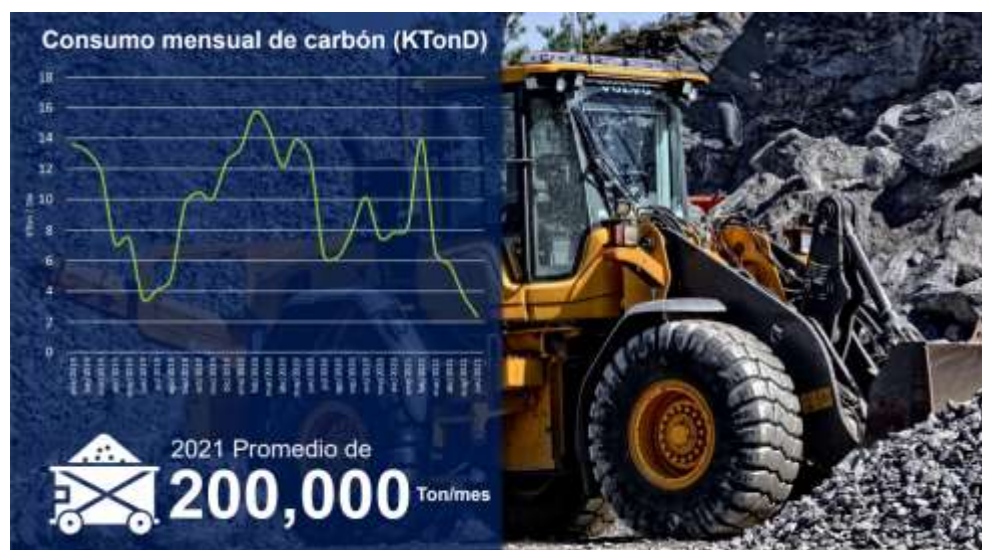


Termoeléctricas a base de carbón

El carbón es de los recursos más importantes para la economía colombiana, aun cuando su implementación genera niveles de emisión considerables en su proceso de combustión, pero esto no impide que el carbón sea indispensable para el sector industrial, entre ellos para las centrales eléctricas que funcionan a base de carbón.

Las termoeléctricas a base de carbón son instalaciones que dependen principalmente de la quema de carbón y la implementación de agua para la producción de vapor necesario para la generación de electricidad. Estas centrales requieren una gran cantidad de carbón como se puede evidenciar en la imagen (), por lo que su ubicación debe considerar diversos aspectos entre ellos que tan viable es la obtención de su materia prima y su respectivo transporte.

Imagen 7 Consumo Mensual de Carbón



Fuente 7Fuente 6 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG



Termopaipa

Esta central térmica se encuentra ubicada en Paipa, Boyacá. Es parte del sector energético que apoya los procesos de desarrollo de calidad de vida de todos los implicados a través de un plan de gestión operativo, es catalogada como una central de soporte la cual no opera 24/7 pero cuenta con una capacidad de 178 megavatios (MW) que sirven de apoyo al sistema energético principal cuando este se encuentra en apuros. Los 178 MW se encuentran distribuidos en 36 megavatios (MW) para la Unidad I, 72 megavatios (MW) para la Unidad II y 70 megavatios (MW) para la Unidad III. Cada una de las unidades que operan en la central funcionan mediante el vapor que es generado a través de la combustión de carbón bituminoso pulverizado.

Las unidades de esta central fueron creadas en el siguiente orden:

- Unidad I 1963
- Unidad II 1975
- Unidad III 1982

Esta central cuenta con un área total de 110 hectáreas que se dividen de la siguiente forma, de 15-17 hectáreas son utilizadas para las instalaciones que permiten generar la energía eléctrica. Las áreas restantes son utilizadas para la restauración, compensación y mitigación de los aspectos ambientales que se generan en el proceso de producción, potenciando procesos educativos turísticos e industriales en el entorno. Asimismo, cuenta con un proyecto de



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



monitoreo de emisiones que permita controlar los niveles de emisiones atmosféricas para de esta forma dar cumplimiento con el compromiso establecido entorno a la sostenibilidad ambiental.

Imagen 8 Planta Termopaipa



Fuente 8 Tomado de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/gensa/>

Termotasajero 1

Esta central está ubicada en San Cayetano, Norte de Santander donde comenzó a operar en el año 1984. Cuenta con una planta termoeléctrica a vapor de 174 megavatios (MW) nominales y 165 megavatios (MW) netos con consumo específico de 9230 Btu/kwh. Su combustible principal es el carbón bituminoso pulverizado, que luego pasa a una caldera de vapor subcrítica que requiere una carga máxima de 54 ton/hora, acopados a una turbina de dos cilindros en tándem de alta, media y baja presión que a su vez se conectan a un generador de rotor liso. La caldera utiliza para su arranque combustibles líquidos (ACPM y fuel oíl #6). Su refrigeración se



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



realiza mediante circuito abierto con agua dulce captada mediante una presa, bombas tipo tornillo y desarenador. Incluye patio de carbón, planta de tratamiento de aguas, captación de cenizas (precipitador electrostático), chimenea y un patio para disposición de cenizas.

Imagen 9 Planta Termotasajero 1



Fuente 9 Tomado de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termotasajero/>

Termotasajero 2

Esta central está ubicada en San Cayetano, Norte de Santander donde comenzó a operar en noviembre del año 2015. Es una central térmica con capacidad nominal de 186 megavatios (MW) y capacidad efectiva neta de 170 megavatios (MW). Su combustible principal es el carbón bituminoso pulverizado en tasas de 60 Ton/Hora a carga máxima, caldera de vapor y una turbina



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



de tres etapas en configuración tándem compound. La caldera tiene quemadores de carbón de bajo NOx y utiliza para su arranque combustible líquido (ACPM o fuel oíl #2). Posee un sistema de abatimiento de SOx de tipo semi seco utilizando cal hidratada como absorbente. Entre sus equipos principales se encuentran un sistema de circulación de agua que incluye bombas de circulación de agua, bomba de agua de refrigeración auxiliar, sistema de descarga y auxiliares, un filtro de mangas y un sistema de refrigeración en circuito cerrado mediante torre de enfriamiento con lo que se logra minimizar su impacto ambiental. También cuenta con un sistema de tratamiento de agua tratada, que incluye clarificador, clarificador de purga de torre de enfriamiento, espesante, deshidratador y auxiliares, además el patio de carbón es compartido con la planta TERMOTASAJERO 1.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 10 Planta Termotasajero 2



Fuente 10 Tomado de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termotasajero/>

Gecelca 3

Esta central eléctrica hace parte de la empresa Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A.E.S.P.- GECELCA y es de las más modernas en su categoría ya que es una “Planta a carbón de lecho fluidificado”. Se encuentra ubicada en Puerto Libertador, Córdoba.

Esta planta es uno de los proyectos más modernos de Sudamérica ya que cuenta con una tecnología que le permite aprovechar de mejor forma el combustible y cumplir con los estándares ambientales nacionales e internacionales; teniendo en cuenta que por su tipo de tecnología no



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



tiene inconvenientes para de esta forma poder así incluir carbones bituminosos como sub-bituminosos sin presentar inconveniente alguno.

Esta central cuenta con dos unidades, una de ellas es la GECELGA 3 que se aperturó en septiembre de 2015 y se pretende su funcionamiento hasta el año 2032, cuenta con una capacidad neta de 164 megavatios (MW). La segunda unidad es GECELGA 3.2 que se aperturó en septiembre de 2018 y se pretende su funcionamiento hasta el año 2035, cuenta con una capacidad neta de 273 megavatios (MW).

Se encuentran conformadas por dos unidades de ciclo Rankine, las cuales operan con carbón bituminoso con una caldera de lecho fluidizado circulante con inyección de caliza para la respectiva reducción de SO₂ y una mejor combustión del carbón pulverizado con tiro de aire inducido, acopladas a turbinas de vapor con extracciones para aprovechamiento del calor e inyección de lechada de cal para reducción adicional del SO₂, tiene generadores de rotor liso y sistemas de enfriamiento de condensadores de circuito abierto y cerrado, cuenta con filtros de manga (G3) y PES (G3.2). En cuanto al sistema de tratamiento de aguas es tratada para retirar impurezas, por medio de procesos de sedimentación por precipitación, coagulación, clarificación, filtración y desmineralización, en cuanto al sistema de desmineralización se cuenta con tecnología de intercambio iónico y osmosis inversa. Como dato añadido Gecelca 3 cuenta con 4 tipos de planta de tratamiento para el manejo y tratamiento de sus aguas residuales.

- Aguas residuales de carbón (lixiviados patios de carbón)



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



- Aguas residuales de cenizas (lixiviado de patios de ceniza)
- Aguas residuales industriales (purgas, desmineralización, aceitosas)
- Aguas residuales domesticas (servicios domésticos)

La empresa GECELCA en pro de la carbono neutralidad avanza con la transición energética y la disminución de las emisiones de efecto invernadero (GEI) mediante la estructuración de nuevos proyectos con renovables, incluyendo opciones de autogeneración para el suministro de energía en la Mina Las Palmeras y para el consumo de cargas no esenciales en las centrales de generación, la implementación de un sistema integrado de confiabilidad operacional en las centrales de generación que permitirá desarrollar programas continuos de eficiencia energética en la operación, el desarrollo de un proyecto de investigación para habilitar el actual sistema de producción de hidrógeno de la Central Gecelca 3 y analizar posibles mejoras en la eficiencia de la operación, a través de la inyección de este gas en la combustión de las unidades, posteriormente y a partir de los resultados que se obtengan del estudio, se instalarían paneles solares en la producción de hidrógeno, con lo cual se tendría un gas renovable, teniendo en cuenta que en la mina Las Palmeras hay presencia de gas asociado a los mantos de carbón, GECELCA está estudiando la posibilidad de retomar los análisis para la viabilizar el aprovechamiento de este gas.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 11 Central Eléctrica Gecelca



Fuente 11 Tomado de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/gecelca/>

TermoGuajira

Esta central eléctrica hace parte de la empresa de generación y comercialización de energía eléctrica y de gas natural en Colombia GECELCA, se encuentra ubicada en Mingueo, Guajira, la cual cuenta con una capacidad de operación de 286 megavatios (MW).

Esta cuenta con dos unidades turbo de tipo ciclo Rankine con capacidad de operar de forma dual es decir son capaces de generar energía eléctrica por medio de la quema de combustible a gas y/o carbón bituminoso pulverizado lo que permite que cada una de ellas cuente con una capacidad efectiva neta de 143 megavatios (MW). Operan calderas de flujo inducido



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



(bombas de agua 330 ton/hora) con tiro de aire inducido, cuenta con quemadores de gas tangenciales acoplados a turbinas de vapor Mitsubishi HP, LP-3600 RPM), un generador Mitsubishi de rotor liso enfriada con H₂ y condensadores de flujo radial duales y cuenta con precalentadores y PES.

Guajira 1 1983

Guajira 2 1987

La empresa GECELCA en pro de la carbono neutralidad avanza con la transición energética y la disminución de las emisiones de efecto invernadero (GEI) mediante la exploración de diversas alternativas tecnológicas para desarrollar proyectos de captura y uso del CO₂ emitido en la operación. La empresa está estructurando un proyecto de investigación piloto para la captura de CO₂ en la Central Termoguajira a través de microalgas.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 12 TermoGuajira



Fuente 12 Tomado de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/gecelca/>

Termoeléctricas a base de Gas Natural y derivados del petróleo

Merilétrica

Esta es una central generadora de energía eléctrica, la cual se encuentra ubicada en Barrancabermeja, Santander. Entro en funcionamiento en febrero del año 1998.

Está conformada por una unidad que funciona a gas y es de ciclo simple la cual produce 167 megavatios (MW). Además de esto esta planta usa un generador sincrónico de alto voltaje con una potencia de 206 MVA que utiliza un sistema de refrigeración por hidrógeno y una



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



turbina de combustión que posee un compresor de flujo axial de 16 etapas con alabes que se posicionan de forma variable para proporcionar mayor o menor entrada de aire conforme se requiera.

Actualmente se quiere implementar un proyecto donde se incremente la eficiencia global mediante un sistema de recuperación de calor a partir de gases de escape de una turbina a gas. Se contempla que la principal de sus desventajas es que opera en ciclo simple, además, su eficiencia es muy baja comparadas a otras que operan en las mismas condiciones por lo que pretende una mayor rentabilidad.

Imagen 13 Central Térmica Merilétrica



Fuente 13 Tomado de Celsia. <https://www.celsia.com/es/centrales-termicas/>



El Tesorito

Esta central eléctrica se encuentra ubicada en Sahagún, Córdoba. Se encuentra en un lugar estratégico para el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y a su vez es cercano al pozo de gas de la planta Jobo de Canacol por lo que se considera “a boca de pozo” y le permite consumir alrededor de 40 millones de pies cúbicos diarios de gas.

Es una central eléctrica relativamente nueva pues su puesta de operación es de apenas el 2022. Esta central funciona con una unidad que posee 11 motores de combustión interna Wätsila de última generación, lo que garantiza una entrada en operación rápida en un tiempo de arranque corto que producen una capacidad cercana a 19 megavatios (MW) los cuales son alimentados por gas natural. En total su capacidad de generación bruta es de aproximadamente 200 megavatios (MW).



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 14 Termoeléctrica El Tesorito



Fuente 14 Tomado de Celsia. <https://www.celsia.com/es/centrales-termicas/>

Termoyopal

Se encuentra ubicada en Yopal, Casanare. Actualmente esta central cuenta con cinco unidades generadoras, siendo tres de estas nuevas lo que le permite generar una capacidad de 200 megavatios (MW). Es una central de ciclo abierto que utiliza como combustible el gas natural ya que cuenta con una toma a boca de pozo que proviene del CPF Floreña lo cual la beneficia con un suministro permanente y fluido.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Dentro de la ampliación y modernización que se generó en la planta se tiene la implementación de tres turbinas de gas aeroderivadas LM6000 que brindan flexibilidad de combustible y tiempos de instalación rápidos, el LM6000 fue el primer modelo GT de GE en contar con un sistema de almacenamiento de energía de batería. Este EGT híbrido™ permite una reserva giratoria de contingencia sin consumo de combustible entre eventos de demanda, regulación de alta velocidad, respuesta de frecuencia primaria y soporte de voltaje (-8 a +5 MVAR). El EGT híbrido consta de una batería de iones de litio de 10 MW, inversores GE Brilliance* de 1,25 MVA y actualizaciones de controles OpFlex*. Incorpora un sistema de control Mark* VIe para el paquete híbrido. Dos unidades están en operación con Southern California Edison Utility en California.

El portafolio de turbinas de gas aeroderivadas de GE tiene actualmente la capacidad de quemar mezclas de hidrógeno y gas natural; el límite específico depende de la configuración del sistema de combustión. Cualquier unidad configurada con un sistema de combustión seco de bajas emisiones (DLE) está limitada a un 5% por volumen de hidrógeno. Se permiten concentraciones mayores con la configuración de Combustor Anular Único (SAC), hasta un 85% por volumen de hidrógeno cuando se mezcla con gas natural. Esta capacidad varía según el tipo de sistema de combustión utilizado. GE está trabajando para ampliar esta capacidad mediante pruebas en nuestro laboratorio de combustión.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 15 Central Termoyopal



Fuente 15 Tomada de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termoyopal-generacion-2/>

Termovalle

Se encuentra ubicada en la zona franca del pacífico, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. Esta planta inicio su operación el 21 de julio de 1998 y el 17 de diciembre de ese mismo año inicio su operación de ciclo combinado permitiendo que produzca una capacidad de 202 megavatios (MW). En el año 2019 se realizó una repotenciación de la planta la cual le permitió un incremento de capacidad efectiva de 241 megavatios (MW).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Es una planta de ciclo combinado 1x1 (ACPM – Gas Natural) que permite intercambiar su fuente de poder teniendo en cuenta la necesidad de la planta, además cuenta con una caldera que recupera el calor emitido y enfría en un solo paso.

Imagen 16 Central Termovalle



Fuente 16 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termovalle/>

Termoemcali

Está ubicada en Palmira, Valle del Cauca. Entro en operación en el año 1999. Tiene una capacidad de 213 megavatios (MW) pero su capacidad neta es de 229 megavatios (MW).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Termoemcali es una central de capacidad dual de ciclo combinado a partir de la combustión de Gas Natural y Fuel Oil#2 (Diesel). Cuenta con una turbina de gas Westinghouse 501F y una turbina de vapor Mitsubishi.

Imagen 17 Central Termoemcali



Fuente 17 Tomado de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termoemcali/>

Termocandelaria

Termocandelaria se encuentra en la zona industrial de Mamonal, Cartagena, lo cual es muy favorable para su funcionamiento debido a que su ubicación permite el acceso constante de



sus combustibles. Esta central se encuentra en funcionamiento desde el año 2000 y se considera como una de las centrales más implementadas e importantes.

Es una central de ciclo simple que posee dos unidades Westinghouse 501F que generan 157 megavatios (MW) cada una; estas unidades operan mediante Gas Natural y Fuel Oil#2.

Imagen 18 Central Termocandelaria



Fuente 18 Tomado de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termocandelaria/>

Termobarranquilla

TEBSA tiene una capacidad actual de 918 megavatios (MW) lo cual la convierte en la mayor planta de generación eléctrica en Colombia. Está ubicada en el municipio de Soledad,



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Atlántico permitiendo la interconexión de la costa con el interior del país. El principal combustible de esta central es el Gas Natural tanto para las unidades de ciclo combinado como las de ciclo simple.

Dentro del ciclo combinado se encuentran cinco turbinas generadoras a gas (GT11, GT12, GT13, GT21 y GT22) y dos turbinas generadoras a vapor (ST14 y ST24), las cuales tienen una capacidad de generación de 791 megavatios (MW). Además, la planta cuenta con dos unidades de ciclo simple que corresponden a turbo vapor ciclo Rankine (TB03 y TB04) con una capacidad de generación de 64 megavatios (MW) y 63 megavatios (MW) respectivamente.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 19 Planta Térmica TEBSA



Fuente 19 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/termobarranquilla/>

Termoflores S.A.E.S.P.

Se encuentra ubicada en Barranquilla, Atlántico. Cuenta con una capacidad de 610 megavatios (MW).

Está conformada por dos ciclos combinados que utilizan como combustible el Gas Natural y Diesel.

Flores I, inicio en el año 1993 cuenta con una turbina a gas W501D5 y una turbina de vapor Mitsubishi de flujo horizontal y una sola carcasa.



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Flores IV, inicio en el año 2011. Su configuración cuenta con dos turbinas de gas modelo W501D5 y W501FC más Flores II y Flores III las cuales están conectadas a una sola turbina de vapor de intermedia y alta presión con recalentamiento la cual es de la marca Siemens modelo SST 900-RH.

Imagen 20 Zona Franca. Termoflores



Fuente 20 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/prime-energia/>



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Proeléctrica

Esta planta de generación térmica inicio en el año de 1993 después de la carencia energética que se sufrió en la década de los 90.

Esta central está ubicada en Cartagena, Bolívar y cuenta con la capacidad de generar 90 megavatios (MW) mediante la implementación de dos turbinas General Electric LM 5000 Ciclo STIG, utilizando como combustible el Gas Natural.

Imagen 21 Planta Proeléctrica



Fuente 21 Tomado de Asociación Nacional de Empresas Generadoras ANDEG. <https://www.andeg.org/empresas-asociadas/proelectrica/>



Termo mechero morro

Se encuentra ubicada en El morro, Casanare debido a la facilidad con la que se encuentra el combustible necesario para su operación en las reservas de Gas Natural que se encuentran en la zona. Esta central entro en operación en noviembre del 2017.

Esta central consta de tres plantas menores de 19 megavatios (MW) cada una que son alimentadas por Gas Natural, cada planta se conforma de dos motogeneradores Wartsila 20V34SG, cuya capacidad nominal es de 9.3 MWe y un motogenerador GE Jenbacher JGC de capacidad de 1.0 MWe. El proyecto también incluye el EPC de (i) una línea de transmisión de 18 km en alto voltaje, (ii) un gasoducto de 6" de 2 km y (iii) un sistema de acondicionamiento de gas por refrigeración para recuperar condensados (NGL's) y maximizar la potencia de la planta.

Turbinas de generación a base de combustión de gas natural, distribuidas de la siguiente manera (3(2*Wartsila 20V34SG + GE Jenbacher JGC 320))



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 22 Termo Mechero Morro



Fuente 22 Tomada de Asociación Nacional de Empresas Generadoras

Termocartagena

Se encuentra ubicada en Cartagena, en el departamento de Bolívar.

La central Termocartagena es una central eléctrica a combustóleo y gas que genera una capacidad de generación eléctrica de 184 megavatios (MW). Esta capacidad de operación depende de tres unidades:

- Unidad 1: inicio en el año de 1973, es una turbina de vapor que genera 62 megavatios (MW)



- Unidad 2: inicio en el año de 1973, es una turbina de vapor que genera 56 megavatios (MW)
- Unidad 3: inicio en el año de 1973, es una turbina de vapor que genera 66 megavatios (MW)

Imagen 23 Central Termoeléctrica Cartagena



Fuente 23 Tomado de El Heraldo. <https://www.elheraldo.co/bolivar/superservicios-inspecciono-termocartagena-y-termocandelaria-248147>

Termocentro

La central termoeléctrica del centro está localizada en el corregimiento de Puerto Olaya, Cimitarra Santander e inicio su operación comercial en el año 1997 con un ciclo simple y en el año 2000 con un ciclo combinado con dos turbinas a gas y una a vapor. cuenta con una capacidad de 272 megavatios (MW).



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Imagen 24 Termocentro



Fuente 24 Tomado de elCOLOMBIANO. <https://www.elcolombiano.com/negocios/isagen-vende-su-ultimo-activo-termoelectrico-ME19593852>



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Conclusiones

La energía eléctrica es uno de los diversos factores que determina el avance de una sociedad, de igual forma cada una de estas infraestructuras son lo suficientemente complejas para que su funcionamiento requiera de constante supervisión y mantenimiento por lo cual existe una normativa detallada que regula su funcionamiento y delimita el impacto que se genera en el ambiente y las comunidades.

Por otro lado, Colombia es un lugar con una gran reserva de combustibles fósiles en diversas regiones por lo cual se puede implementar este combustible a lo largo de todo el país para fortalecer la red energética necesaria para el suministro del país. Aunque este recurso natural es predominante en esta región es necesario entender que los combustibles fósiles no son renovables y no son un recurso que se pueda reponer por procesos biológicos por lo que su extracción, implementación y uso deben ser regulados y constantemente vigilados para que su uso no sea excesivo y no genere repercusiones que puedan ser irreversibles.

Los beneficios que proporcionan estas infraestructuras son numerosos y realmente permiten generar constante avance, pero al igual que las ventajas existen desventajas que equilibran la balanza y esto nos lleva a que estas centrales generadoras de energía contribuyen en mayor cantidad a la actual crisis ambiental que enfrentamos en los últimos años, es por esto que todos los países que hacen uso de estas han implementado diversas formas de mitigar la



contaminación ya sea disminuyendo su uso o implementando fuentes renovables y con mejores impactos al medio ambiente.

Para terminar y considerando que estas centrales son importantes es justo y necesario que el apoyo que deben recibir les permita seguir en funcionamiento de esta forma se puede crear más posibilidades energéticas sin contribuir más al desequilibrio ambiental.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Referencias Bibliográficas

1. *Generando energía limpia a partir del calor desperdiciado. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* efectococuyo.com
2. *Termoelectricidad, la energía del desequilibrio. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* www.tecnicaindustrial.es
3. *Introducción a la Termoelectricidad. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* [http://www.unavarra.es/ets02/Introduccion%20a%20TE\(c\).htm](http://www.unavarra.es/ets02/Introduccion%20a%20TE(c).htm)
4. *Thomas Seebeck y el efecto termoeléctrico - RTVE.es. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* www.rtve.es
5. *Historia de la electricidad - Fundación Endesa. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* fundacionendesa.org
6. *Quienes Somos - Autoridad de Energía Eléctrica. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* aeepr.com/es-pr/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx
7. *La termoelectricidad: convirtiendo el calor en electricidad. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* www.revista.unam.mx
8. *Estrategia Energética Sustentable 2030 de los países del SICA. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* www.sica.int/download/?124775
9. *RENDIMIENTO DE CENTRALES ELECTRICAS | AgilOnline. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from* www.agilonline.com.ar/rendimiento-de-centrales-electricas/
10. *El nexa agua-energía en plantas termoeléctricas. (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from*



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



www.gob.mx

^{11.} *PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from www.insst.es

^{12.} *Centrales eléctricas térmicas - Resourcefulness.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from stem.guide/topic/centrales-electricas-termicas/?lang=es

^{13.} *Tres centrales termoeléctricas a carbón en un hotspot de* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from www.researchgate.net

^{14.} *Quienes Somos Historia - Autoridad de Energía Eléctrica.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from aeepr.com/es-pr/historia

^{15.} *Centrales termoeléctricas - Consumer Eroski.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from www.consumer.es

^{16.} *¿Conoces las diferentes tecnologías termoeléctricas por* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from blog.structuralia.com/tecnologias-solares-termoelectricas

^{17.} *Hidroeléctricas, termoeléctricas y energías renovables.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from generadoras.cl

^{18.} *Tecnologías Solares Termoeléctricas.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from www.sc.ehu.es

^{19.} *La energía solar termoeléctrica: solución de futuro.* (n.d.) Retrieved May 3, 2023, from www.elciudadano.com

^{20.} *Guía ambiental para termoeléctricas y procesos de cogeneración parte aire y ruido*



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Ministerio de Ambiente- SENA (2015).

https://www1.upme.gov.co/siame/Guiasambientales/Termoelectricas_procesos_cogeneracion.pdf

^{21.º} *DECRETO 1933 de 1994- Ley 99 de 1993. Constitución Nacional de la república de Colombia.*

https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Decreto%201933%20de%201994-Ago-05.pdf

^{22.º} *Ministerio de Minas y Energía (2022) Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE) [archivo PDF]. Recuperado de*

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf

^{23.º} *Ministerio de Minas y Energía (2022) Plan Energético Nacional (PEN) 2020-2050: La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible [archivo PDF].*

Recuperado de

https://www.eltiempo.com/uploads/files/2021/09/23/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



24.º *Ministerio de Minas y Energía (2020) Programa de Evaluación Industrial PEVI Colombia.*

*Guía para la implementación de centros PEVI. [archivo PDF]. Recuperado de
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Guia_PEVI.pdf*

25.º *Ley No. 1715 de 2014 [Congreso de Colombia]. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. 13 de mayo de 2014.*

26.º *"Nuestra empresa: Historia". Celsia. Archived from the original on August 5, 2020.
Retrieved May 4, 2021.*

27.º *"Sobre nosotros". Celsia. Archived from the original on February 27, 2021. Retrieved May 7, 2021.*

28.º *"Accionistas e Inversionistas". Celsia. Archived from the original on February 27, 2021.
Retrieved May 7, 2021.*

29.º *Saltar a:4.0 4.1 "Merilectrica OCGT Power Plant Colombia". Global Energy
Observatory. Archived from the original on May 3, 2021. Retrieved May 4, 2021.*

30.º *Saltar a:5.0 5.1 5.2 "Consultas Estadísticas de Generación". SIEL (Sistema de Informacion
Eléctrico Colombiano). Retrieved 2022-11-13.*

31.º *"Expediente Proyecto Titular de la Licencia, p 13" (PDF). ANLA. June 5, 2019.*



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



↑ "Central Merilétrica" (PDF). Celsia. April 2021.

↑ Salta a: 8.0 8.1 "Nuestras centrales térmicas". Celsia. Retrieved November 15, 2021.

<http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=InformacionTipoCombustibleMI>

D



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co