

¿Cómo lograr un equilibrio entre la seguridad energética y la reducción de impactos ambientales en termoeléctricas como Martín del Corral?

Diego Andrés González Sotto
Manuela Salazar Carmona

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

La energía termoeléctrica con su capacidad de proporcionar electricidad de manera confiable y flexible, desempeña un papel crucial en la diversificación de la matriz energética de muchos países, incluido Colombia. En un contexto donde las condiciones climáticas pueden afectar la disponibilidad de fuentes de energía renovable, como la hidroeléctrica, las centrales térmicas se convierten en una alternativa fundamental para garantizar el suministro energético del país (Global Energy Monitor, 2024). El desarrollo del sector eléctrico en Colombia ha estado históricamente orientado hacia la construcción de centrales hidroeléctricas, aprovechando las abundantes fuentes de agua en el país, especialmente en la zona andina; Sin embargo, en la zona costera norte, donde la altitud es baja, predominan las centrales térmicas debido a la escasez de condiciones topográficas adecuadas para embalses y centrales hidroeléctricas. Colombia, con su dependencia histórica de la energía hidroeléctrica, se enfrenta a desafíos durante períodos de escasez de agua, como los fenómenos climáticos extremos, en estos momentos críticos las centrales térmicas que utilizan carbón o gas emergen como una solución indispensable para cubrir la brecha entre la oferta y la demanda de energía (Aldana Millan, 2012). La complementariedad entre las centrales hidroeléctricas y térmicas se vuelve evidente, con las térmicas desempeñando un rol clave en la estabilidad del suministro eléctrico durante períodos de baja disponibilidad de agua. Un ejemplo notable es la contribución de las centrales térmicas durante eventos como El Niño de 2016, donde llegaron a representar hasta el 55 % de la demanda eléctrica del país (Herrera Torres, López López, & Sánchez Quitian, 2008) (Aldana Millan, 2012).

GIPEM 07, octubre (2024)
pp. 11-18
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

Empresas como ENEL, con sus inversiones en plantas termoeléctricas como Termozipa y Cartagena, desempeñan un papel significativo en este panorama contribuyendo al suministro eléctrico de Colombia y demostrando un compromiso claro con la diversificación de fuentes de energía eléctrica. Termozipa, adquirida por ENEL y más conocida como la central termoeléctrica Martín del Corral, ubicada en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, Colombia, es una de las plantas de generación de energía eléctrica más importantes del país. Inaugurada en 1963, la central ha sido fundamental para el desarrollo del sistema eléctrico colombiano, inicialmente, operaba con carbón mineral como combustible principal, pero en 1998 se convirtió a gas natural, lo que redujo sus emisiones contaminantes (ENEL, 2018). Actualmente, la central tiene cuatro unidades de generación, dos a gas natural y dos a carbón, con una capacidad de 236 megavatios (MW), lo que representa aproximadamente el 4 % de la demanda nacional de energía. Sin embargo, esta como muchas otras empresas termoeléctricas en Colombia, enfrenta desafíos de tipo ambiental, social y político; por ello es necesario buscar un equilibrio entre la seguridad energética y la protección del medio ambiente, en el caso de la Termoeléctrica Martín del Corral, la central no debe cerrarse de inmediato, pero se deben implementar medidas para seguir reduciendo su impacto ambiental y promover una transición gradual hacia una matriz energética más sostenible como la reutilización de sus residuos para la elaboración de materiales de construcción (Global energy Monitor, 2024) (Sandoval, 2023).

En los últimos años, han surgido diversos debates sobre el futuro de la Termoeléctrica Martín del Corral, algunos sectores exigen su cierre definitivo por su impacto ambiental, mientras que otros argumentan su importancia para la seguridad energética del país, de modo que el análisis del impacto ambiental de Termozipa es fundamental para comprender las consecuencias de su operación en el entorno natural y la biodiversidad de la región. Uno de los aspectos más preocupantes en relación con el impacto ambiental de la central termoeléctrica es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos producto de la combustión del carbón. Gases como el dióxido de carbono (CO₂), el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO) contribuyen significativamente al cambio climático y a la contaminación del aire, generando impactos negativos tanto en la salud humana como en el medio ambiente. Además de las emisiones atmosféricas, es importante considerar sus efectos directos e indirectos sobre los recursos hídricos de la zona, los cuales pueden verse afectados por la deposición de contaminantes a través de la lluvia ácida u otros mecanismos. Otro aspecto crítico para tener en cuenta es el impacto sobre los ecosistemas y la biodiversidad circundantes, las emisiones de partículas de carbón y otros contaminantes causan efectos adversos en la vegetación, la fauna y los hábitats naturales, alterando los procesos ecológicos y la dinámica de los ecosistemas locales. Asimismo, no se puede pasar por alto la generación de residuos sólidos y líquidos asociados a la operación de la central termoeléctrica, los cuales contaminan los suelos y cuerpos de agua cercanos si no se manejan adecuadamente (Arevalo Osorio, 1996) (ENEL Colombia, 2021) (Cardenas, 2024) (Universidad Piloto de Colombia, 2021).

En respuesta a estos desafíos ambientales, la Corporación Autónoma Regional (CAR) determinó que las empresas propietarias de Termozipa debían realizar un estudio para evaluar el impacto ambiental en la zona de influencia de la central, especialmente en el río Bogotá. Este estudio, realizado entre 1992 y 1993 por el Centro Interdisciplinario de Estudios Ambientales de la Universidad de los Andes de Bogotá, concluyó que, pese a la imagen ambiental y paisajística negativa de la planta, no es perjudicial. Sin embargo, identificó una serie de problemas ambientales que requieren atención, entre los principales hallazgos se encuentran el aumento de contaminantes en el río Bogotá, provocado por los vertidos de la planta, incluyendo la presencia de fenoles, grasas y aceites. Las emisiones atmosféricas de las unidades 4 y 5 excedían los niveles permisibles por la baja eficiencia de los precipitadores electrostáticos instalados. Aunque la retención de cenizas en el patio de la central cumplía con las exigencias de remoción de sólidos suspendidos, los vertidos provenientes del patio de cenizas y del Pozo de Oviedo no cumplían con las normas establecidas sobre grasas y aceites. Además, se observaron concentraciones críticas de material particulado en las inmediaciones de la planta bajo condiciones de altas velocidades del viento y manipulación intensa del carbón. Adicionalmente, el estudio de la Universidad de Los Andes

recomendó una serie de acciones para abordar los problemas ambientales identificados, incluyendo la construcción de trampas de grasas y aceites, evaluación ambiental de la combustión, construcción de sedimentadores, control de escorrentías y elaboración de un plan de contingencia, entre otros (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2020) (Arevalo Osorio, 1996) (Rubiano Olaya, 2002).

Las medidas implementadas por la Central Termoeléctrica Martín del Corral, basadas en el plan de manejo ambiental, han sido fundamentales para abordar los problemas identificados en el estudio realizado por la Universidad de Los Andes. Estas acciones, diseñadas para priorizar según el tiempo de respuesta, magnitud del impacto y área de influencia, han brindado una mayor tranquilidad en cuanto al cumplimiento de la normativa ambiental mientras se mantiene la generación de energía eléctrica. Sin embargo, se requiere una mejor trazabilidad y seguimiento de las actividades de la empresa para garantizar la efectividad continua de estas medidas. Además, es crucial investigar las medidas de mitigación y compensación implementadas por EMGESA, la empresa responsable de Termozipa. Estas medidas podrían incluir tecnologías de control de emisiones y programas de restauración de ecosistemas, así como medidas para conservar la biodiversidad local y minimizar los impactos negativos en el entorno como la reutilización de residuos. (ENEL EMGESA S.A. E.S.P., 2016).

Una de las formas en que la reutilización de residuos contribuye a la mitigación de impactos ambientales es a través del aprovechamiento de las cenizas producidas por las termoeléctricas, como Martín del Corral. Estas cenizas ofrecen una oportunidad para la producción de diversos materiales de construcción, lo que las convierte en una opción efectiva para compensar parte de los impactos ambientales ocasionados por estas instalaciones. Estas cenizas se utilizan en la fabricación de cemento, donde las cenizas volantes sustituyen parcialmente al cemento Portland en la elaboración de concreto y mortero, mejorando sus propiedades de resistencia a la compresión y durabilidad. También se utilizan en la fabricación de bloques y ladrillos al mezclarlas con otros materiales cementosos, así como en la base y subnivel de vías con enlaces para mejorar la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Además, contribuyen a la estabilización del suelo, aumentando su capacidad de carga, reduciendo su permeabilidad y sirviendo como relleno estructural en cimientos y otros proyectos. Al utilizar las cenizas en la construcción, se reduce la necesidad de extraer recursos naturales y se evita la eliminación inadecuada en vertederos o cuerpos de agua, lo que a su vez contribuye a la conservación del medio ambiente. Sin embargo, es crucial cumplir con las especificaciones y regulaciones pertinentes para garantizar la calidad y seguridad de los materiales, así como implementar procesos adecuados de recolección, transporte y manipulación para prevenir la contaminación (Rojas Pulido, 2015). La práctica de reutilización de residuos es beneficiosa ya que las termoeléctricas compensarían parte de su impacto ambiental y promoverían la sostenibilidad en la industria de la construcción. Al considerar esta opción, Termozipa podría generar una cantidad significativa de empleos adicionales, lo que incrementaría su impacto social positivo de manera notable, estimulando la actividad económica en la región, beneficiando directamente a la comunidad local al ofrecer oportunidades de empleo y capacitación. Este fortalecimiento de la fuerza laboral contribuiría al desarrollo económico y social de la región, permitiendo a los residentes locales mejorar sus condiciones de vida y participar activamente en el progreso de su comunidad (Gómez Cortés & Obando Pinto, 1997) (ENEL Colombia, 2021).

Sumado a esto, Termozipa tiene la oportunidad de demostrar su compromiso con la responsabilidad social empresarial a través de iniciativas innovadoras, como el aprovechamiento de residuos generados por su operación, implementando programas para reutilizar las cenizas resultantes de su proceso de generación de energía eléctrica en la construcción y otros proyectos sociales, Termozipa no solo contribuiría al medio ambiente, sino que también podría beneficiarse de la Ley 1715 de 2014, promulgada por el Ministerio de Minas y Energía en Colombia. Esta ley ofrece incentivos fiscales y otros beneficios para las empresas del sector minero-energético que van más allá de sus obligaciones legales y realizan acciones voluntarias de responsabilidad social. Aprovechando estos recursos y las oportunidades que brinda la ley, Termozipa podría fortalecer su compromiso con el desarrollo

sostenible y el bienestar de las comunidades donde opera, al tiempo que mejora su reputación y contribuye al crecimiento económico y social del país (Congreso de la República de Colombia, 2014). Otra estrategia complementaria sería colaborar con empresas dedicadas a la fabricación de materiales para la construcción como Concretos Argos, Holcim Colombia y Ladrillera La Palma, que integran estas cenizas en la producción de varios materiales, desde concreto premezclado hasta ladrillos y bloques. En este sentido, podría surgir una alianza entre la Termoeléctrica Martín del Corral y estas empresas líderes para que los residuos de la termoeléctrica se empleen en la fabricación de estos materiales, con un fin de labor social orientado a la construcción de hogares e infraestructura para las personas que han sido víctima de pérdida de sus propiedades por deslizamiento a causa del Fenómeno de La Niña. Paralelamente es importante destacar que todas estas actividades se realizarían bajo las regulaciones ambientales colombianas, garantizando el cumplimiento de los requisitos técnicos y ambientales. Esta reutilización impulsa la economía circular, creando un impacto positivo tanto en la industria como en la sociedad, sino que también contribuye a la seguridad energética del país (Gómez Cortés & Obando Pinto, 1997) (Universidad Militar - Nueva Granada, 2023).

En Colombia, la seguridad energética no es solo un asunto técnico, sino que está directamente relacionado con el desarrollo social y económico del país. Las centrales como Martín del Corral ofrecen beneficios como la generación de empleo, tanto directo como indirecto, durante su construcción y operación. Estos empleos no solo proporcionan una fuente de ingresos para las comunidades locales, sino que también pueden contribuir al desarrollo de habilidades y conocimientos técnicos en la población. Además, la presencia de una termoeléctrica estimula el desarrollo económico local al impulsar la demanda de bienes y servicios, así como atraer inversiones externas (ENEL, 2018). Adicionalmente, las empresas propietarias de las termoeléctricas pagan impuestos y regalías al gobierno, fortaleciendo las finanzas públicas y financiando servicios esenciales como educación, salud e infraestructura. Es crucial asegurar un suministro confiable y estable de energía para mantener el funcionamiento adecuado de los servicios básicos, la industria, el comercio y la calidad de vida de la población. Las leyes y regulaciones que conforman el marco legal de la seguridad energética en Colombia garantizan este derecho fundamental. La Ley 697 de 2001, por ejemplo, establece una serie de medidas para promover la eficiencia energética, la diversificación de la matriz energética y la optimización en el uso de los recursos disponibles. Más allá de la eficiencia, la diversificación de la matriz energética es fundamental para reducir riesgos de desabastecimiento y vulnerabilidad frente a fluctuaciones en los precios internacionales, por ello también se debe considerar que la promoción de la investigación y el desarrollo en el sector energético es otro aspecto fundamental. La innovación tecnológica es clave para mejorar la infraestructura, entendiendo que en 1994 con La Ley 143 del marco regulatorio del sector eléctrico colombiano, busca principalmente asegurar un suministro estable y seguro de energía eléctrica para todos los ciudadanos, incluyendo a las comunidades que dependen de los servicios públicos domiciliarios (Departamento administrativo de la Función Pública, 2001) (Business Mail digital, 2023).

La seguridad energética no se trata solo de garantizar la disponibilidad de energía eléctrica, sino también de hacerlo de forma equitativa y justa. El acceso universal a la energía es un derecho fundamental que debe ser garantizado para todos los colombianos, independientemente de su ubicación o condición socioeconómica. Las leyes y regulaciones mencionadas, junto con otras normativas complementarias, son herramientas fundamentales para alcanzar la seguridad energética en Colombia; sin embargo, es necesario un esfuerzo continuo para fortalecer este marco legal, promover la inversión en infraestructura y tecnología, y desarrollar estrategias que garanticen el acceso universal a la energía, dicho esfuerzo es un asunto de todos, involucra al gobierno, al sector privado, la academia y la sociedad civil en su conjunto. Solo mediante un trabajo conjunto y una visión compartida será posible alcanzar un futuro energético sostenible y próspero para Colombia (Congreso de la República de Colombia, 1994). En este contexto de seguridad energética en Colombia, la Termoeléctrica Martín del Corral juega un papel importante como parte de la infraestructura energética del país, a pesar de las controversias sobre su impacto ambiental, esta central térmica ha sido crucial para garantizar el suministro eléctrico en momentos de alta demanda o cuando las fuentes renovables no son suficientes, especialmente en

regiones donde la generación hidroeléctrica es limitada. Sin embargo, para mantener un equilibrio entre la seguridad energética y la protección del medio ambiente, es necesario implementar medidas que reduzcan su impacto ambiental, como la modernización de sus sistemas de filtrado y la exploración de alternativas energéticas más limpias y sostenibles. De esta manera, se podrá asegurar un suministro eléctrico confiable sin comprometer la salud ambiental y la sostenibilidad a largo plazo (Congreso de la República de Colombia, 1994).

En los últimos años, el debate en torno al futuro de la Termoeléctrica Martín del Corral ha alcanzado niveles significativos de controversia. Mientras algunos sectores insisten en su cierre definitivo, argumentando que su impacto ambiental es insostenible y que existen alternativas más respetuosas con el medio ambiente, otros defienden su importancia para la seguridad energética del país, especialmente en momentos de alta demanda o cuando las fuentes renovables no son suficientes para satisfacerla. Para lograr un equilibrio entre la demanda energética y la sostenibilidad ambiental, es imperativo diversificar la matriz energética colombiana, esto implica una inversión estratégica en fuentes de energía renovable, como la solar, eólica y geotérmica, con el fin de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar los efectos del cambio climático. A partir de esto se infiere que cerrar la Termoeléctrica Martín del Corral de manera inmediata no sería la mejor solución, ya que podría provocar un déficit en la generación de energía eléctrica y poner en riesgo la seguridad energética del país. Sin embargo, es urgente tomar medidas efectivas para reducir el impacto ambiental de estas instalaciones, como la modernización de los sistemas de filtración y la búsqueda de opciones energéticas más limpias y sostenibles. En este sentido, se enfatiza la importancia de la seguridad energética y la transición hacia una matriz energética más sustentable, siendo importante el desarrollo de fuentes de energía renovables para mitigar los efectos ambientales negativos. Una iniciativa significativa es la oportunidad para que Termozipa utilice los residuos generados durante sus operaciones para producir materiales de construcción que no solo ayudarían a reducir su impacto ambiental, sino que también fortalecerían su compromiso con la responsabilidad social corporativa y la sostenibilidad en Colombia. La clave está en una transición balanceada y responsable hacia una matriz energética más sostenible. Termozipa y otras empresas del sector energético deben comprometerse activamente a implementar prácticas más sostenibles y responsables, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. De esta manera, se garantiza la seguridad energética del país mientras se avanza hacia un futuro más verde y limpio.

Referencias

- Aldana Millan, A. (2012). *Análisis crítico de la evaluación del impacto ambiental en el sector eléctrico colombiano*. Bogotá. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&crct=jCq=Cesrc=sCsource=webCcd=Cved=2ahUKFwiB_reU8IiFAxXVRjABHUGVALYQEnoECBoQAQCurl=https%3A%2F%2Frepositorio.unal.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2Funal%2F11552%2F300262.2012.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3DyCusg=AOvVaw3BREjZi
- Arevalo Osorio, L. (31 de Diciembre de 1996). Obras de adecuacion ambiental y control de emisiones para la central termoelectrica Martin del Corral - Termozipa. ETDEWEB, 5. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/335142>
- Arisi, D., Cortés, A., C Vieyra, J. C. (15 de Noviembre de 2017). *Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado el 14 de 03 de 2024, de BID: <https://publications.iadb.org/es/colombia-2030-mejorando-la-gestion-del-sector-minero-energetico>
- Barrera Soler, C. P. (2020). *Balance de la gestión del recurso*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: repositoriounal. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78782>

- Business Mail digital. (2023). *Seguridad energética en la transición energética*. Bogotá, Colombia: Business Mail digital. Obtenido de <https://amchamcolombia.co/business-mail/edicion-187-sostenibilidad-transicion-energetica-2023/seguridad-energetica-en-la-transicion-energetica/>
- Cardenas, G. L. (2024). *Agencia Universitaria de Periodismo Científico*. Obtenido de Universidad del Valle: <https://aupec.univalle.edu.co/AUPEC/anteriores/cenizas.html>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 142 de 1SS4: Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 143 de 1SS4: por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia ener.* Bogotá: Bogotá. Obtenido de https://www.redjurista.com/Documents/ley_143_de_1994_congreso_de_la_republica.aspx#/
- Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014: Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Bogotá: Congreso. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=57353Cdt=S>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2 de Noviembre de 2020). www.car.gov.co. Recuperado el 18 de Marzo de 2024, de [www.car.gov.co: https://www.car.gov.co/saladeprensa/imponen-compensaciones-ambientales-a-enel-emgesa-por-concesion-de-aguas-en-la-cuenca-del-rio-bogota-para-la-generacion-de-energia-1](https://www.car.gov.co/saladeprensa/imponen-compensaciones-ambientales-a-enel-emgesa-por-concesion-de-aguas-en-la-cuenca-del-rio-bogota-para-la-generacion-de-energia-1)
- Departamento administrativo de la Función Pública. (2001). *Ley cS7 de 2001*. Bogotá: Congreso de la República. Obtenido de <https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/leyes/2084-ley-697-de-2001-uso-racional-y-eficiente-de-la-energia>
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (05 de Mayo de 2023). *Departamento Nacional de Planeación - DNP*. Recuperado el 15 de 03 de 2024, de [dnp.gov.co: https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026](https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026)
- Emaze. (10 de Marzo de 2014). *Emaze*. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de Estudio impacto ambiental termoeléctrica Termozipa: <https://www.emaze.com/@AFOCWZR>
- ENEL. (20 de Enero de 2018). *ENEL Colombia*. Recuperado el 2024 de 03 de 14, de ENEL web site: <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-generacion/centrales-electricas.html>
- ENEL Colombia. (2021). *Informe de sostenibilidad - 2021*. Bogotá, Colombia: ENEL. Obtenido de https://www.enel.com.co/content/dam/enelco/espa%C3%B1ol/sobre_enel/informes_sostenibilidad/2021/informe-sostenibilidad-2021.pdf
- ENEL EMGESA S.A. E.S.P. (2016). *PLIEGO CONDICIONES PRESELECCIÓN DE PROPONENTES DE CARBÓN*. Bogotá, Colombia: ENEL. Obtenido de https://www.enel.com.co/content/dam/enelco/espa%C3%B1ol/sobre_enel/pliego-condiciones-preseleccion/Pliego-Proceso-Preseleccion-PropONENTES-Carbon.pdf
- Foro Nuclear. (13 de Mayo de 2020). *Foro de la industria nuclear española*. Recuperado el 2024 de 03 de 14, de Foro nuclear web site: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-una-central->

[termoelectrica/#:~:text=Una%20central%20termoe%20es%20una,el%20agua%20e n%20una%20caldera](#)

Friedrich, M. G., C Vigna, L. (2 de Septiembre de 2021). World resources institute. Obtenido de World resources institute web site: <https://es.wri.org/insights/cuatro-graficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-por>

Gabinete Español. (18 de Junio de 2021). Seguridad Energética. Obtenido de dsn.gob.es: <https://www.dsn.gob.es/es/sistema-seguridad-nacional/qu%C3%A9-es-seguridad-nacional/%C3%A1mbitos-seguridad-nacional/seguridad-energ%C3%A9tica#:~:text=La%20seguridad%20energ%C3%A9tica%20nacional%20se,marco%20de%20los%20compromisos%20internacionales.>

Global energy Monitor. (18 de Febrero de 2024). Global energy Monitor. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de Global Energy Monitor Wiki: https://www.gem.wiki/Termozipa_power_station

Gómez Cortés, A., C Obando Pinto, F. (6 de Junio de 1997). Optimización de la mezcla de recebo con ceniza procedente de Termozipa y estabilizada con Cal en el mejoramiento de rellenos y terraplenes. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de Universidad Militar Nueva Granada Web site: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/33352>

Herrera Torres, G., López López, C., C Sánchez Quitian, M. V. (01 de Junio de 2008). Diagnóstico de las centrales termoeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas. Revista Épsilon, págs. 49-55.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2008). RESOLUCIÓN NÚMERO SOS. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Bogotá. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf/a3bcd0d-f1ee-871-91b9-18eac559dbd9>

Office of Scientific and Technical Information. (15 de Abril de 1999). OSTI.GOV. Recuperado el 14 de 03 de 2024, de OSTI.GOV - U.S. Department of Energy: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/335138>

OLADE. (21 de Marzo de 2023). Panorama energético de América Latina y el Caribe 2023. Recuperado el 14 de Marzo de 2024, de OLADE Web site: <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2023/>

Rojas Pulido, L. (2015). Fabricación y evaluación del desempeño de Quince Ladrillos Refractarios elaborados con ceniza volante producto de la combustión del carbón en las calderas de la Central Termozipa a diferentes temperaturas, De acuerdo a la Norma ASTM C 113 (Standard Test Me. Universidad Distrital, 278. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4795>

Rubiano Olaya, L. J. (28 de Febrero de 2002). Monitoría de áreas de isocontaminación en la región de influencia de la Central Termoeléctrica Martín del Corral utilizando líquenes como bioindicadores. Revista del Jardín Botánico de Bogotá Jose Celestino Mutis, págs. 91-104.

Sandoval, Y. (23 de Marzo de 2023). Valora Analitik. Recuperado el 14 de 03 de 2024, de Valora Analitik web site: <https://www.valoraanalitik.com/2023/03/23/esta-es-la-importancia-de-las-termicas-para-colombia/>

Servicio Geológico Colombiano. (18 de Diciembre de 1996). *koha Ministerio de Mina y Energía*. Obtenido de koha web site: https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=29283Cshelfbrowse_itemnumber=28621

Unidad de Planeación Minero Energética. (2020). *GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS*. Obtenido de *GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS*: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/plantas/contenid/analisis.htm#GU%C3%8DA%20AMBIENTAL%20PROYECTOS%20CARBOEL%C3%89CTRICO

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2020). *El carbón: fuente de energía de la Región*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/05/Cpt108-EL-CARBÓN-FUENTE-DE-ENERGÍA-EN-LA-REGIÓN-CENTRAL.pdf>

Universidad Militar - Nueva Granada. (06 de Abril de 2023). *Revistas Uni Militar*. Recuperado el 20 de Marzo de 2024, de *Revistas Uni Militar*: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1539/1273>

Universidad Piloto de Colombia. (2021). *Construcción del Sistema de Tratamiento para Aguas Residuales de la Central Termozipa*. Bogotá: upiloto.edu.co. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11027>