

Caracterización de la matriz energética del Grupo Empresarial del Níquel en Moa

Characterization of the energy matrix of the Nickel Business Group in Moa

Yorbelys Lamot Lamorú ylamot@cubaniquel.moa.minem.cu

Grupo Empresarial Cubaníquel, Moa, Cuba

Resumen: En este trabajo se realiza una caracterización de la matriz energética de la industria del níquel en Moa, considerando factores como la infraestructura, las tecnologías disponibles y las necesidades específicas del entorno local. Para ello se analizaron los programas para el desarrollo de las fuentes renovables de energía del grupo Cubaníquel, así como los planes para el consumo energético. Fueron consultadas además las resoluciones dictadas por el Ministerio de la Industria Básica en Cuba. Según el diagnóstico energético general asociado al consumo, el grupo Cubaníquel es un alto consumidor de la mayoría de los portadores energéticos.

Palabras clave: transición energética, fuentes renovables de energía, eficiencia energética, economía circular

Abstract: This paper characterizes the energy mix of the nickel industry in Moa, considering factors such as infrastructure, available technologies, and the specific needs of the local environment. To this end, the Cubaníquel group's renewable energy development programs and energy consumption plans were analyzed. Resolutions issued by the Cuban Ministry of Basic Industry were also reviewed. According to the general energy consumption assessment, Cubaníquel group is a high consumer of most energy sources.

Keywords: energy transition, renewable energy sources, energy efficiency, circular economy

Introducción

La transición energética hacia alternativas más sostenibles es una necesidad urgente en un mundo en constante crecimiento. Es un proceso de cambio de una forma de producción de energía a otra que incluye fuentes de energía renovables y no renovables.

Entre los cambios se encuentra el reemplazo de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, por fuentes renovables, como la energía solar y la eólica (Pérez Gutiérrez, 2023). Su objetivo principal es aminorar las consecuencias del cambio climático derivado de años de contaminación desproporcionada. La respuesta a todo ello pasa por instaurar fuentes de energía renovable y sistemas de eficiencia energética. Es necesario dejar de invertir en el sector de los combustibles fósiles y dirigir todos nuestros esfuerzos hacia la construcción de la infraestructura de aprovechamiento de las fuentes renovables, que además de limpias son inagotables (Bravo Hidalgo, 2015).

Según Martínez Collado (2022), Cuba no dispone de fuentes fósiles para producir la energía necesaria, sin embargo, es un país rico en recursos energéticos renovables (González, 2013). Señalan Martínez & Casas (2016) que lograr el autoabastecimiento energético con fuentes renovables de energía constituye un reto para esta generación, pero, a pesar de la importancia concedida a las fuentes renovables de energía no se ha logrado un impacto en la industria cubana (Vázquez, 2015; Korkeakoski & Filgueiras, 2022).

La minería juega un rol fundamental en la transición energética, los compromisos de transformación de transporte terrestre, la masificación de medios electrónicos de comunicación y el ascenso del confort de la vida humana exigen la aceleración de este proceso. Los indicadores de sostenibilidad en la minería constituyen una herramienta fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible deseado. Se elaboran para medir el progreso alcanzado en este sector, con el propósito de servir de base para brindar la información clara y precisa, promover la preocupación necesaria, y la toma de decisiones; representan un valor de información acerca del estado, tendencia o cambio del ambiente y la actividad minera (Vela-Almeida, 2021; Abad Vigoa, 2024). Estos instrumentos adquieren relevancia, porque brindan la imagen sintética del conflicto entre la minería y el ambiente, facilitando la formación de opinión a la hora de tomar decisiones al organizar, cambiar, proyectar, extraer y rehabilitar los terrenos de extracción del mineral útil.

La matriz energética es la combinación de fuentes de energía primaria que se utilizan en una zona geográfica. No solo incluye las fuentes empleadas, sino también el porcentaje de cada fuente. En algunos casos es posible utilizar indirectamente la energía primaria. En otros es necesario transformarla en energía secundaria, normalmente electricidad, lo que supone una pérdida de energía en forma de calor (Ruíz, 2021; Ruíz *et al.*, 2023).

La industria del níquel en Moa, encargada de la producción de níquel y cobalto, enfrenta el desafío de equilibrar la explotación de recursos naturales con la necesidad de preservar el medio ambiente y contribuir al bienestar social. La implementación de energías renovables no solo tiene el potencial de reducir la huella de carbono de las operaciones mineras, sino que también puede disminuir los costos operativos a largo plazo al diversificar las fuentes de energía utilizadas. Según Martín Astorga (2015) es preciso avanzar en un proceso de transformación para garantizar la sustentabilidad económica, energética y ambiental de la industria del níquel cubano.

Estrategias para potenciar la competitividad de la industria del níquel en Moa (Guardiola, Cervantes & Rodríguez, 2018) pueden ser valoradas para el perfeccionamiento del grupo empresarial del níquel en busca de la excelencia para el desarrollo de la actividad industrial en el contexto de una sustentabilidad económica y ambiental.

La economía circular ha emergido como un enfoque clave para abordar los desafíos ambientales y económicos que enfrentan las organizaciones empresariales en la actualidad (Pons & Martínez, 2025). En un contexto de recursos finitos y creciente preocupación por el cambio climático, la economía circular se presenta como una alternativa sostenible al modelo lineal de producción y consumo. La integración de la economía circular en el sector energético ofrece una ruta prometedora hacia la sostenibilidad ambiental, económica y social. Al adoptar prácticas circulares, se puede reducir la dependencia de los recursos finitos, minimizar los residuos y fomentar la innovación en tecnologías y procesos más limpios y eficientes.

Considerando factores como la infraestructura existente, las tecnologías disponibles y las necesidades específicas del entorno local este trabajo propone caracterizar la matriz energética de la industria del níquel en Moa.

Metodología

Se analizaron los programas para el desarrollo de las fuentes renovables del grupo Cubaníquel, así como los planes de consumo energético obtenidos de las fuentes estadísticas de la Unión del Níquel. De igual manera fueron consultadas las resoluciones dictadas por el Ministerio de la Industria Básica en Cuba: Resolución 152 (2018) y el Decreto-Ley No. 345 (2019).

Caracterización del grupo empresarial del níquel

El Grupo Empresarial del Níquel, se forma con carácter permanente y con la participación de las empresas que lo integran, las cuales tienen personalidad jurídica y patrimonio propio, independientemente del orden económico, financiero, organizativo y contractual. La Organización Superior de Dirección denominada Grupo Empresarial del Níquel, en forma abreviada Cubaníquel, atendido por el Ministerio de Energía y Minas cumple las funciones de dirección, coordinación y control establecidas en la legislación vigente.

En la Organización Superior de Dirección Empresarial la estructura que predomina es la formal donde se determinan todos los estándares de interrelación entre los órganos o cargos, definidos por las normas, directrices y reglamentos de la organización para lograr los objetivos. Consta de escalas jerárquicas o niveles funcionales establecidos en el organigrama. Es racional y se basa en la división del trabajo y por consiguiente en la especialización del obrero, pretendiendo una organización funcional especializada, donde existe la distribución de la autoridad y de la responsabilidad.

La Organización Superior de Dirección Empresarial está estructuralmente organizada internamente por direcciones funcionales y grupos: Dirección General, Dirección Técnico Productiva, Dirección de Capital Humano, Dirección de Economía y cinco grupos asesores subordinados a la Dirección General: Grupo de Secretaría de la Dirección General, Grupo de Seguridad y Protección, Órgano de Cuadros, Unidad de Auditoría Interna y Grupo de Asesoría Jurídica.

Caracterización de la matriz energética de la industria del níquel, resumen del diagnóstico energético general

El Grupo Empresarial Cubaníquel se crea para sustentar la separación de las funciones estatales de las empresariales, organizar las empresas en correspondencia con los intereses estatales, sus semejanzas tecnológicas y productivas; racionalizar los procesos de dirección; garantizar un vínculo efectivo de la investigación, con la producción y la mejor utilización y preservación del potencial científico, es una organización que agrupa las empresas productoras de níquel, empresas de servicios a estas y las sociedades mercantiles que se han creado para respaldar los principales negocios del grupo. El principal propósito es producir y comercializar níquel y cobalto. Para este fin cuenta con

dos plantas productoras, las empresas Pedro Sotto Alba (PSA) y la empresa Ernesto Che Guevara (ECG).

El grupo empresarial cuenta además con la Empresa Mecánica del Níquel (EMNi) para asegurar el mantenimiento y las reparaciones, la Empresa para los Servicios de Automatización, Computación e Informática (SERCONI), la Empresa de Investigación del Níquel para los servicios de Investigaciones (CEDINIQ), la de Servicios a la Unión del Níquel para los servicios de alimentación y transporte de los trabajadores (ESUNI), la Sociedad Mercantil Cubana Comercial Caribe para la Atención a los Negocios (CCN), la empresa comercializadora de metales y minerales (MITSA), y la Empresa Puerto Moa para los servicios portuarios (EPM). Completan el grupo sociedades mercantiles con capital 100 % cubanas que se han creado para atender negocios de inversión extranjera.

Por su organización, la industria del Níquel constituye un aglomerado productivo que provee el 80% de los servicios técnicos y científicos que necesita. Las empresas que conforman el Grupo Empresarial Cubaníquel han logrado reducir los costos en las operaciones, elevar su nivel de rentabilidad, capacidad de innovación y aminorar la vulnerabilidad externa (Martín Astorga, 2018).

Las empresas mayores consumidoras de diésel son las empresas productoras Pedro Sotto Alba y Ernesto Che Guevara, las que consumen el 71,19 % y 20,94 % respectivamente del diésel que se consume en la industria. En el caso de la gasolina las de mayor consumo son las empresas de servicio que consumen el 82,78 % de este portador en función de las posibilidades reales del país más que a la demanda real.

El petróleo regular y crudo son combustibles fundamentales en la producción de Ni+Co del Grupo Empresarial Cubaníquel, y se consume en la generación y calderas de las termoeléctricas de las plantas productoras. El mismo representa el 87,13 % del consumo de la empresa Ernesto Che Guevara y el 12,86 % de la empresa Pedro Sotto Alba.

En el caso de la energía eléctrica las de mayor consumo siguen siendo las plantas productoras, consumiendo el 54,69 % de este portador la fábrica Ernesto Che Guevara y el 40,78 % la empresa Pedro Sotto Alba.

La empresa Ernesto Che Guevara tiene una carga instalada de 60.618 MW. De ellos 59.355 MW en fuerza y 1.263 MW en alumbrado. Para satisfacer esa demanda cuenta con

dos transformadores de enlace con el SEN de 30000 MVA y tres turbogeneradores, dos de 12 MW y uno de 25 MW. Además, muestra un alto consumo de fuel, crudo, diésel.

En los últimos años la eficiencia energética de todos los portadores, se ha visto afectada fundamentalmente por las siguientes causas:

- Incumplimiento del plan de producción y de la eficiencia metalúrgica.
- Deterioro de la norma de consumo de las plantas Preparación de Mineral, Hornos de Reducción y Calcinación y Sínter.
- Sistema de recuperación de agua fuera de operación
- Sobregiro en los consumos de agua suavizada en la planta de lixiviación y lavado.
- Sobregiro en los consumos de agua de alta presión en lixiviación.
- Sobregiro en la producción de vapor, lo que implicó un sobre consumo de agua potable.

La tabla 1 muestra los consumos acumulados en el año 2024.

Tabla 1. Consumo físico real 2024 de la empresa Ernesto Che Guevara

Portadores energéticos	UM	Total
Fuel oíl Total	t	282220,545
Electricidad SEN	MWh	138659,348
Diesel Total	t	4300,086

La empresa Pedro Sotto Alba se caracteriza por ser una entidad consumidora de energía en país, y su principal fuente de consumo de energía es de origen fósil. El petróleo es su principal portador energético, y le siguen en importancia por su consumo, la energía eléctrica, el diésel y la gasolina especial. También consume gas licuado del petróleo, pero su uso final es como materia prima para la producción de H₂S, requerido para la precipitación del sulfuro mixto de Ni+Co.

La demanda total de energía eléctrica en la empresa ha crecido en un 5.8 % con la entrada de nuevas inversiones: un nuevo tren de ácido sulfúrico, con capacidad para producir 2000 t/d, un tren de sulfuro, una planta de preparación de pulpa y una criba de mineral móvil.

La empresa posee 2 turbogeneradores con capacidad para producir 14.0 MW y el resto de la demanda de energía la asume de la Red Nacional con 6.3 MW. La tabla 2 muestra el consumo acumulado en el año 2024.

Tabla 2. Consumo físico real 2024 de la empresa Pedro Sotto Alba

Portadores energéticos	UM	Total
Fuel oíl Total	t	100874.05
Electricidad SEN	MWh	85158.5
Diesel Total	t	27121.7

El resto de las empresas mantienen un consumo que representa el 7.8 % del diésel y el 4.6 % de la energía eléctrica que se emplea en el Grupo Empresarial del Níquel en Moa (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen del consumo en el año 2024 del resto de las empresas del grupo Cubaníquel

Portador	Consumo anual
Diesel (t)	25147.17
Gasolina (t)	80.84
Fuel oil y Crudo (t)	444552.38
Electricidad (kWh)	155330219.0

En los últimos años se han desarrollado en la mayoría de las empresas independientemente de su consumo, varios programas de cambio de iluminación ineficiente por Leds, instalación de bancos de capacitores para mejora del factor de potencia, instalación de parques fotovoltaicos, acomodo de carga, desplazamiento a cargas fuera del horario de máxima demanda eléctrica.

El potencial mayor para reducir el consumo eléctrico en cuanto a inversiones se encuentra en la instalación de paneles fotovoltaicos ubicados en las cubiertas de las fábricas. Los levantamientos y proyectos ejecutados indican que el grupo puede fabricar, instalar y mantener estos sistemas con sus propias empresas.

Aunque algunas de las empresas han implementado un sistema de gestión de la energía, y tiene identificados los puestos claves del consumo energético, aun son muchas las reservas que existen por lo que la implementación y certificación del sistema de gestión energética de acuerdo a la Norma 50001 (ISO, 2011) constituye una prioridad en la actualidad para todas las empresas. Si se ejecutan estos programas se obtendrá una mejora de la intensidad energética, una reducción de los gastos y costos, y una mejora de la competitividad de los productos y servicios que el grupo empresarial ofrece.

La valoración para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en la industria del níquel con un enfoque de economía circular en el Grupo Empresarial Cubaníquel, puede

realizarse considerando varios aspectos clave que promuevan la sostenibilidad, la eficiencia de recursos y la reducción de residuos. La economía circular puede influir significativamente en el programa de desarrollo de las fuentes renovables de energía y eficiencia energética en la industria del níquel en Moa, Cuba, a través de varios mecanismos.

Integración de la economía circular en energía renovable y eficiencia energética

Fomento de fuentes renovables: La economía circular promueve el uso de fuentes de energía renovables como la solar, eólica y biogás para la producción de energía, disminuyendo así la dependencia de los combustibles fósiles y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Reutilización y reciclaje de materiales: La economía circular incentiva la reutilización de materias primas y productos, así como el reciclaje de residuos para generar nuevos materiales. Esto reduce la necesidad de extraer recursos naturales vírgenes y minimiza la generación de residuos.

Eficiencia energética: La economía circular impulsa la eficiencia energética al asegurar que los recursos utilizados sean renovables, reciclables o reutilizables. Esto disminuye la dependencia de fuentes de energía no renovables y reduce la generación de residuos.

Gestión de recursos y residuos: Las prácticas circulares en la gestión de recursos y residuos pueden conducir a la creación de nuevas fuentes de energía renovable, como el biogás y el biometano (Bach Aleu, 2024; Cunningham, 2024). Estos gases renovables, generados a partir de la descomposición de materia orgánica, pueden transformarse en energía eléctrica, térmica o biocombustibles, ofreciendo una alternativa sostenible a los combustibles fósiles.

Reducción de costos: El uso de energías renovables disminuye los gastos de luz al reducir la dependencia de la red eléctrica general. Además, la posibilidad de realizar un autoconsumo con excedentes, vertiendo la energía sobrante a la red y obteniendo una compensación, puede generar ingresos adicionales (Espinosa Rodríguez & Fernández Capote, 2023; Lazcano Herrera, 2024).

Directivas para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en la industria del níquel

1. Procurar la máxima utilización posible de las cubiertas disponibles para instalar sistemas solares fotovoltaicos, con el objetivo de reducir su consumo eléctrico. Con estas acciones, se proyectarán alcanzar una reducción mínima del consumo eléctrico, del dos por ciento anual.

Realizado el levantamiento de las cubiertas en el grupo se realizan estudios para la instalación de paneles solares (Tabla 4). Para ello se llevó a cabo un análisis de las cubiertas disponibles en cada empresa, aspecto incorporado al estudio de factibilidad para su cumplimiento de forma gradual hasta el 2030.

Tabla 4. Estudio para la Instalación de paneles solares en empresas del Grupo Cubaníquel

Empresa	Proyecto	KWh	Fecha	Estado
ECG	Instalación de paneles solares en cubiertas	63	-	En operación
PSA	Instalación de paneles solares en cubiertas	189	-	En operación
EMNi	Instalación de paneles solares en cubiertas	12	-	En operación
MITSA	Instalación de paneles solares en cubiertas	40	2025	-
OSDE	Instalación de paneles solares en cubiertas	45	2025	-
CEDINIQ	Instalación de paneles solares en cubiertas	60	2026	-
CEPRONI	Instalación de paneles solares en cubiertas	-	-	EFTE
SERCONI	Instalación de paneles solares en cubiertas	-	-	EFTE
PSA	Parque solar fotovoltaico	20000	2027	-

2. Adquirir nuevos medios de transporte como requiere como primera opción, el empleo de vehículos eléctricos de batería, vehículos híbridos o vehículos que funcionen con biometano.

Proyectada la sustitución de vehículos por eléctricos, y por híbridos. Hasta la fecha se han sustituido ocho autos, 54 motos, 4 paneles, 2 plataformas elevadoras y un montacargas. Todas las empresas incluyen equipos eléctricos en sus EFTE. Las empresas productoras se encuentran en fase de revisión y estudio para posible sustitución del equipamiento minero (Tabla 5). Hasta el 2030 se estima sustituir el 30 % de los equipos por equipos eléctricos.

Tabla 5. Equipos automotores eléctricos del Grupo empresarial del níquel

Proyectos	Empresa	Alcance general	Adquiridos
Adquisición de equipos eléctricos	ECG	En estudio	1 auto
Adquisición de equipos eléctricos	PSA	En estudio	4 paneles, 1 auto
Adquisición de equipos eléctricos	EMNI	En estudio	4 motos, 1 auto
Adquisición de equipos eléctricos	MITSA	8	2 motos
Adquisición de equipos eléctricos	SERCONI		4 triciclos
Adquisición de equipos eléctricos	CEXNI	En estudio	1 auto
Adquisición de equipos eléctricos	CEDINIQ		6 motos
Adquisición de equipos eléctricos	Oficina central	25	2 autos, 18 motos
Adquisición de equipos eléctricos	ESUNI	30 ómnibus	0
Adquisición de equipos eléctricos	ESUNI	En estudio	0
Adquisición de equipos eléctricos	PINARES S.A.		3 autos, 10 motos
Adquisición de equipos eléctricos	EPM	En estudio	2 motos

3. Proyectar las nuevas obras que generan residuales orgánicos, concibiendo desde las ideas conceptuales, las tecnologías para su aprovechamiento energético, evitando la contaminación de cuencas hidrográficas, ríos, bahías y la emisión de gases de efecto invernadero.

Se tiene en cuenta para los nuevos negocios y se incluye en las directivas para la negociación. Se planea además para el 2026 ejecutar proyectos para mejoras en los sistemas de tratamiento de residuales en centros de elaboración y comedores.

4. Aplicar tecnologías para la obtención de biogás y biofertilizantes que contribuyan a la sustitución de combustibles fósiles y al incremento de la producción de alimentos, para su empleo en la propia institución o por terceros.

Se cuenta con dos biodigestores de cúpula fija en la ESUNI. No hay proyección de nuevos biodigestores hasta lograr el incremento de la masa animal.

Conclusiones

La caracterización de la matriz energética del Grupo empresarial Cubaníquel en Moa, se realiza tomando en cuenta factores como la infraestructura, las tecnologías disponibles y las necesidades específicas del entorno local.

Según el diagnóstico energético general asociado al consumo el grupo Cubaníquel es un alto consumidor en la mayoría de los portadores energéticos, siendo las dos plantas

productoras las principales consumidoras de diésel. En el caso de la gasolina las de mayor consumo son las empresas de servicio con la utilización del 82,78 %.

La economía circular puede influir significativamente en el programa de desarrollo de las fuentes renovables de energía y eficiencia energética en la industria del níquel en Moa.

Referencias bibliográficas

Abad Vigoa, A. J. (2024). *Estrategia de desarrollo de la OSDE Geominsal: crecimiento del sector geólogo minero cubano*. (Tesis de Maestría, Universidad de La Habana, Cuba) https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2181308/Tesis_Maestria_Argelio_Jesus_Abad_Vigoa_12-07-24.pdf

Bach Aleu, G. (2024). *Viabilidad del Biometano como Fuente de Energía Renovable para el Futuro*. (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). <http://hdl.handle.net/2117/411798>

Bravo Hidalgo, D. (2015). Energía y desarrollo sostenible en Cuba. *Centro azúcar*, 42(4), 14-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612015000400002&script=sci_arttext

Cunningham, E. (2024). Aprovechando la Biotecnología Microbiana: Innovaciones en Gestión de Residuos, Bioingeniería y Conservación Ambiental. *Insight into Epidemiology*, 1(1). <https://docentra.com/microbial-biotechnologies>

Decreto-Ley No. 345. (2019). *Desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía*. Ministerio de Justicia de la República de Cuba. Gaceta Oficial No. 95 Ordinaria. <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/decreto-ley-345-de-2019-de-consejo-deestado>

González, A. (2013). La política energética desde la perspectiva europea. *Revista de Obras Públicas*, 160(3548), 99-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4528534>

Guardiola, R.L., Cervantes, Y. y Rodríguez, Y. (2018). Estrategia para impulsar la gestión de procesos con producciones más limpias en el desarrollo sostenible de Moa. *Revista*

- Caribeña de Ciencias Sociales*, 9, 1-14.
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/desarrollo-sostenible-moa.html>
- International Organization for Standardization ISO. (2011). *ISO 50001. Energy management systems*. <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>
- Korkeakoski, M. y Filgueiras, M.L. (2022). Una mirada a la transición de la matriz energética cubana. *Ingeniería Energética*, 43(3), 1815-5901.
<https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
- Lazcano Herrera, C. F. (2024). Gestión para el desarrollo de la economía circular. *Revista Cubana de Ciencias Económicas*, 10(Especial), 100-112.
<https://www.ekotemas.cu/index.php/ekotemas/article/download/297/264>
- Martín Astorga, E. (2015). La industria del níquel en el desarrollo socioeconómico cubano actual. Reflexiones en torno a una política industrial. *Economía y Desarrollo*, 154(1), 91-104. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425541212007>
- Martín Astorga, E. (2018). *Recursos naturales no renovables y desarrollo sostenible: el caso de la industria niquelífera cubana*. (Tesis Doctoral, Universidad de la Habana, Cuba).
<https://observatorio.anec.cu/details?id=606366e851b6a59c3a7a901d&type=materials&from=%2Fsearch>
- Martínez Collado, C. (2022). Recomendaciones energéticas para Cuba. *ECO SOLAR* 79, 14-26. <http://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/94>
- Martínez, A. & Casas, M. (2016). Las políticas públicas energéticas en Cuba, principales referentes teóricos. *Revista de Estudios Económicos y Empresariales*, 28, 91-110.
<https://dehesa.unex.es/handle/10662/6290>
- Pérez Gutiérrez, R. (2022). Transición energética en Cuba: experiencias del proyecto Fuentes Renovables de Energía como apoyo al desarrollo local. *Avances*, 24(3), 256-264. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637873567001>
- Pons, J. R., & Martínez, C. G. (2025). *Economía circular: El camino hacia la sostenibilidad*. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Lamot Lamorú, Y.

Resolución No. 152 (2018). *Manual de Inspección a los portadores energéticos.*

<https://cuba.vlex.com/vid/resolucion-no-152-2018-743937721>

Rodríguez, V. E., & Capote, Y. F. (2023). Proyecto de economía circular. Experiencias y buenas prácticas de sostenibilidad en la Empresa "CEPIL" de Ciego de Ávila. *Revista Cubana de Finanzas y Precios*, 7(1), 46-58.

https://www.mfp.gob.cu/revista/index.php/RFCP/article/view/06_V7N12023_VERyYFC

Ruíz, M. (2021). *Oportunidades de la generación de energía con biomasa cañera en la matriz energética cubana desde un enfoque de ciclo de vida.* (Trabajo de Diploma, Universidad Central de Las Villas, Cuba).

<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/132165>

Ruíz, M., Rosa, E.R., Pérez, R.A. & Guevara, L. (2023). Oportunidades de la generación de energía en la matriz energética cubana desde un enfoque de ciclo de vida. *Centro Azúcar*, 50(1).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612023000100012&script=sci_arttext&tlng=en

Vázquez, L., Luukkanen, J., Kaisti, H., Käkönen, M., & Majanne, Y. (2015). Decomposition analysis of Cuban energy production and use: Analysis of energy transformation for sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 638-645.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.156>

Vela-Almeida, D.L. (2021). *Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica.* CEPAL

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46876-indicadores-sostenibilidad-la-mineria-metalica>