

Eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales. Estrategias de rediseño y automatización

Energy efficiency in industrial mechanical systems. Redesign and automation strategy

José Adolfo Arizaga Mondragón

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0003-7414-7961>

Josué Ismael Arizaga Ricaurte

La Vienesá S.A. Ecuador
<https://orcid.org/0009-0006-9441-6630>

Nohelia Arizaga Ricaurte

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0003-2037-6486>

RESUMEN

En Ecuador, la falta de articulación entre el sector académico, el gobierno y la industria, unida a la ausencia de incentivos fiscales y técnicos, han puesto freno a estrategias de remodelación y automatización que promueven la eficacia de los sistemas automáticos industriales. El objetivo de la presente investigación fue diseñar una propuesta estratégica de rediseño y automatización para la eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales, el presente objetivo unido a la metodología empleada permiten mostrar como principales resultados que los motores eléctricos, sistemas de refrigeración y automatización unida a combustibles fósiles como diésel y el fuel oil, especialmente en procesos térmicos, representan los mayores porcentajes del consumo energético final del Ecuador. La industria manufacturera ecuatoriana muestra un elevado grado de obsolescencia en sus maquinarias, con unidades que sobrepasan 15 años de uso promedio y no cuentan con un sistema de control energético, lo que se convierte en una pérdida energética de entre 20% y 35%, Ecuador muestra que una inversión promedio de USD 100.000 en eficiencia energética puede retornar como inversión al menos de 3 años. En las conclusiones se hace énfasis en las limitaciones estructurales significativas como: restricciones de recursos financieros y la ausencia de incentivos estatales.

Palabras claves: Eficiencia, Manufactura, Empresa, Energética.

ABSTRACT

In Ecuador, the lack of coordination between the academic sector, government, and industry, coupled with the absence of fiscal and technical incentives, have hindered remodeling and automation strategies that promote the efficiency of industrial automation systems. The objective of this research was to design a strategic redesign and automation proposal for energy efficiency in industrial mechanical systems. This objective, combined with the methodology employed, allows us to show as main results that electric motors, refrigeration systems, and automation combined with fossil fuels such as diesel and fuel oil, especially in thermal processes, represent the largest percentages of final energy consumption in Ecuador. The Ecuadorian manufacturing industry shows a high degree of obsolescence in its machinery, with units that exceed 15 years of average use and lack energy control systems, which translates into energy surplus of between 20% and 35%. Ecuador shows that an average investment of USD 100,000 in energy efficiency can return an investment of at least 3 years. The conclusions emphasize significant structural limitations, such as financial resource constraints and a lack of state incentives.

Keywords: Efficiency, Manufacturing, Business, Energy.

INTRODUCCIÓN

El progreso de la eficiencia energética es una respuesta estratégica a los progresivos retos que impone el desarrollo industrial sostenible y la crisis ambiental mundial, tradicionalmente, el concepto de eficiencia energética irrumpió impetuosamente en la década de los años 70 del siglo pasado, época en que la dependencia de los combustibles fósiles mostró la fragilidad de las naciones industrializadas.

Desde este entonces, la eficiencia energética ha transitado de una simple medida de contención de costos a un elemento fundamental en la política energética global, la que se apoya en avances tecnológicos y marcos regulatorios internacionales (International Energy Agency [IEA], 2023).

A nivel mundial, la eficiencia energética se reconoce como una de las vías más eficaces y sostenibles de disminuir la emisión de gas de efecto invernadero y originar la competitividad industrial, por su parte la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Agencia Internacional de Energía (IEA) han destacado que el uso adecuado de la energía representa un 40% de la disminución de emisiones para lograr los objetivos climáticos del Acuerdo de París (ONU, 2023; IEA, 2022).

En América Latina, la eficiencia energética asumió preponderancia a partir de los 2000, estimulada por programas multilaterales de cooperación y políticas de desarrollo sostenible, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el continente tiene un elevado potencial para mejorar la eficiencia energética, de manera particular en sectores como la industria y del transporte, que constituyen más del 60% del consumo energético (CEPAL, 2021), sin embargo, los diferentes manejos han sido endebles y, en la mayoría de los casos no cuentan con marcos regulatorios suficientes o estímulos suficientes para el sector privado.

En el contexto ecuatoriano, la eficiencia energética se institucionalizó en el año 2008, creándose a la vez el Programa de Eficiencia Energética del Ecuador (PEE), organizado y liderado por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, el país ha puesto en práctica medidas en sectores urbanos, pero esta industria sigue siendo un nodo crítico con poco nivel de innovación tecnológica. Según el Balance Energético Nacional (BEN, 2022), el sector industrial constituye el 22% del consumo final de energía del país, dependiendo de manera específica de combustibles fósiles y tecnologías obsoletas.

Con independencia a los esfuerzos, aún persisten inconvenientes, como la fluctuación de precios de la energía, poco acceso a tecnologías limpias y la falta inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) ponen freno al desarrollo de la eficiencia energética. En Ecuador, la falta de articulación entre el sector académico, el gobierno y la industria, unida a la ausencia de incentivos fiscales y técnicos, han puesto freno a estrategias de remodelación y automatización que promueven la eficacia de los sistemas automáticos industriales.

La ONU ha señalado que, sin medidas claras y precisas, el consumo energético global sería imposible incrementar un 25% para el año 2040, incrementando la crisis climática y los costos económicos (ONU, 2023) el rediseño y automatización de sistemas industriales mecánicos no solo constituye una conformidad técnica, sino una insuficiencia estratégica para países como Ecuador que tratan de nivelar progreso económico con sostenibilidad ambiental.

El objetivo de la presente investigación es diseñar una propuesta estratégica de rediseño y automatización para la eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales. El estudio se centrará, de manera específica, en el sector industrial manufacturero, tomando en cuenta su activa participación en el consumo energético nacional y su potencialidad para mejorar incorporando tecnologías más eficientes.

METODOLOGÍA

La investigación tuvo un enfoque cualitativo, su nivel es descriptivo transversal, el tipo de estudio es de diseño no experimental, para la recopilación de la información se emplearon métodos como la observación y la revisión documental, permitiendo revisar y analizar otros estudios especializado que han mostrado eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales.

El tratamiento al problema planteado se sustenta en varias teorías y enfoques que subrayan la importancia de la eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales

A continuación, se detallan las principales teorías relevantes para este estudio:

Teoría de la eficiencia energética

Esta teoría da cuenta de factibilidad de lograr el mismo nivel de producción o servicio empleando un mínimo de energía, mediante mejoras tecnológicas o transformaciones en los procesos productivos, esta eficiencia no solo disminuye costos, también reduce la incidencia del impacto ambiental. International Energy Agency. (2022)

Teoría de los sistemas socio-técnicos

Sostiene que las estructuras industriales deben ser vistas como sistemas constituidos donde se articulan elementos técnicos (tecnología, maquinaria) y sociales (personas, procesos organizacionales), el rediseño para eficiencia energética debe tomar en cuenta ambos aspectos. (Geels, 2004).

Teoría de la producción más limpia

La producción más limpia representa el empleo permanente de estrategias preventivas ambientales empleadas a procesos, productos y servicios con la intención de incrementar la eficiencia y disminuir los peligros para las personas y el ambiente. United Nations Environment Programme. (2019).

Teoría de la automatización industrial

Esta teoría hace referencia a la incorporación de sistemas automáticos en procesos industriales perfecciona la exactitud, disminuye el consumo energético y mejora el trabajo de los sistemas mecánicos. (Groover, 2016).

Teoría de la transición energética sostenible

Esta teoría le da tratamiento a las transformaciones al cambio estructural en los sistemas energéticos hacia patrones más sostenibles, incluyendo la eficacia energética como uno de sus elementos más importantes Requiere el cambio tecnológico, institucional y cultural del empleo de energía. (Markard, Raven & Truffer, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una breve revisión del estado del arte:

El trabajo titulado Diagnóstico de la eficiencia energética en el proceso de molienda de productos deshidratados, con molino de martillos, en la industria aromas de Tungurahua en la ciudad de Ambato. Diseño de un sistema automatizado de control de velocidad de alimentación del producto, de los autores Monteros (2016), muestra el diseño de un sistema automatizado de control de velocidad para la alimentación de productos deshidratados, mediante la utilización de variadores de velocidad y autómatas programables, permite mejorar su eficiencia energética y mantener el punto óptimo de operación.

El autor Fernández (2021), del Instituto Vasco de Competitividad, en su trabajo Eficiencia Energética en el Sector Industrial revisa las principales tendencias tecnológicas y regulatorias en materia de eficiencia energética en el sector industrial. Además, identifica las tecnologías más maduras y viables en el corto plazo y analiza los retos que deberán resolverse para impulsar las inversiones en eficiencia energética, superando el llamado energy efficiency gap, y avanzar en la descarbonización en los distintos sectores industriales en los próximos años.

La investigación denominada El precio medio ambiental de la producción de alimentos, de los autores Cesar y Montoya (2007) señala que la producción de alimentos es uno de los sectores más intensivos en consumo energético, especialmente en sus etapas de procesamiento, conservación, transporte y almacenamiento, la aplicación de estrategias de eficiencia energética en esta cadena productiva no solo contribuye a la reducción de costos operativos, sino también a la mitigación del impacto ambiental asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los autores Hernández, et al. en su investigación titulada Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica proponen un conjunto de estrategias para un nuevo plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica, aplicable a cualquier país y basado en la coexistencia de nuevas formas de generación de energía (generación alternativa, cogeneración, generación distribuida) con las formas de generación tradicional, así como en la incorporación de técnicas y metodologías de punta

En la tesis de grado de Guamán y Rivera (2019) titulada Análisis de la eficiencia energética en un sistema de bombeo accionado de manera directa y controlada por un sistema de variación de frecuencia, realizaron un análisis de eficiencia energética en un módulo educativo de un sistema de bombeo, el cual nos permitió monitorear parámetros eléctricos en dos condiciones de funcionamiento, mediante arranque directo y controlado por un sistema de variación de frecuencia para así conocer el consumo real de energía en las dos condiciones de funcionamiento

Eficiencia energética del sector industrial manufacturero del Ecuador

El sector industrial manufacturero en Ecuador constituye una porción imponente del consumo energético total, según el Balance Energético Nacional 2022 (BEN), la manufactura en su totalidad consume cerca del 22% de la energía total del país, siendo el subsector productivo responsabilizado de alrededor del 18,6% del total nacional (Ministerio de Energía, 2022).

Como lo muestra la tabla 1, la electricidad (motores eléctricos, sistemas de refrigeración y automatización) unida a combustibles fósiles (diésel y el fuel oil), especialmente en procesos térmicos, representan los mayores porcentajes del consumo energético final del Ecuador.

Tabla Nro. 1. Consumo energético por sector en Ecuador (2022)

Sector	Porcentaje del consumo energético final (%)
Transporte	47.2
Industria manufacturera	18.6
Residencial	16.1
Comercial y público	11.0
Agricultura	4.3
Otros	2.8

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2022)

La industria manufacturera ecuatoriana muestra un elevado grado de obsolescencia en sus maquinarias, con unidades que sobrepasan 15 años de uso promedio y no cuentan con un de sistemas de control energético. Esto se convierte en sobra energética de entre 20% y 35%, datos e información de auditoría energética obtenidos por el Programa de Eficiencia Energética Industrial (PEEI, 2020).

La Tabla Nro. 2 muestra un estado comparativo de las áreas con elevado grado de progreso en la automatización de procesos mecánicos, como el empleo de variadores de frecuencia en motores de Sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA, por sus siglas en ingles) para seguimiento energético, y motores con elevada eficiencia (IE3 e IE4).

Tabla Nro. 2. Comparación de eficiencia entre tecnologías convencionales y tecnologías eficientes

Componente	Tecnología Convencional	Tecnología Eficiente	Ahorro Energético Estimado (%)
Motores eléctricos	IE1 (Estándar)	IE3/IE4 (Alta eficiencia)	20 – 30%
Control de motores	Arranque directo	Variadores de frecuencia (VFD)	10 – 25%
Sistemas de bombeo	Operación fija	Bombeo variable controlado	20 – 40%
Iluminación industrial	Lámparas de sodio/fluoresc.	LED con sensores automáticos	30 – 50%

Fuente: Adaptado de CEPAL (2021) y PEEI (2020)

El elevado grado de automatización y rediseño de sistemas mecánicos en procesos industriales tiene una incidencia positiva (Ver tabla Nro. 3) tanto desde la perspectiva económica como desde lo ambiental, desde la dimensión económica, diferentes estudios de casos en Ecuador muestran como resultado que una inversión promedio de USD 100.000 en eficiencia energética puede retornar al menos de 3 años (PEEI, 2020), también se alcanza una disminución en el gasto de energía por unidad generada y un decrecimiento en las emisiones de CO₂ relacionadas.

Tabla Nro. 3. Beneficios evaluados de la automatización energética en plantas manufactureras ecuatorianas

Indicador	Antes de la mejora	Después de la mejora	Variación (%)
Consumo energético (kWh/tonelada)	920	690	-25%
Costo mensual de energía (USD)	15,000	11,250	-25%
Emisiones de CO ₂ (t/mes)	35	26	-26%

Fuente: Elaboración propia con datos de auditorías del PEEI (2020).

Independientemente al evidente potencial de ahorro y al adoptar tecnologías eficientes en el sector manufacturero ecuatoriano está se ve frenada por deferentes barreras:

- Ausencia de recursos financieros para pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero.
- Inexperiencia técnica en cuanto a tecnologías energéticamente eficaces.
- Falta de estímulos fiscales o proyectos de cofinanciamiento por parte del estado.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) recomienda la implementación de líneas de crédito ambientales, así como la puesta en práctica de normas técnicas necesarias para maquinarias y equipos manufactureros, como medidas esenciales para promover la eficiencia energética (CEPAL, 2021).

Propuesta Estratégica de Rediseño y Automatización para la Eficiencia Energética en Sistemas Mecánicos Industriales

El rediseño y automatización de sistemas mecánicos industriales ayuda a perfeccionar el empleo de energía, reduce costos operativos, extiende la vida útil de los equipos y reduce la huella de ecológica, en Ecuador, el empleo elevado de equipos antiguos y la poca digitalización de procesos aumentan el grado de ineficiencia energética, de manera particular en el sector industrial manufacturero.

La presente propuesta diseña una estrategia en tres etapas: Diagnóstico energético, rediseño técnico de sistemas mecánicos y automatización inteligente de procesos industriales, adaptables de manera particular a motores eléctricos, sistemas de bombeo, compresión y climatización industrial.

1. Etapas de Implementación

Tabla 4. Etapas de la propuesta de rediseño y automatización

Etapas	Descripción	Objetivo
Diagnóstico energético	Auditoría de consumos, eficiencia de equipos y pérdidas energéticas	Identificar puntos críticos de ineficiencia
Rediseño mecánico	Sustitución de equipos obsoletos y optimización de sistemas mecánicos	Reducir pérdidas mecánicas y térmicas
Automatización	Integración de sensores, controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en Ingles) y SCADA	Optimizar la operación energética en tiempo real

Fuente: Elaboración propia de los autores (2025)

La Tabla Nro. 4 muestra las etapas esenciales para la ejecución de una estrategia de rediseño y automatización encaminada a perfeccionar la eficiencia energética en sistemas mecánicos industriales, dicha propuesta conformada en tres etapas —diagnóstico energético, rediseño técnico y automatización— permite tratar de manera integral las consecuencias de ineficiencia presentes en varias muchas industrias manufactureras ecuatorianas.

Cada etapa está diseñada para determinar, perfeccionar y optimizar el empleo de la energía, proporcionando la

migración hacia tecnologías más limpias, eficientes y sostenibles, este diseño no solo busca mejorar los resultados de los sistemas mecánicos, sino que también estimula la competencia entre industrias al disminuir costos operativos y emisiones contaminantes.

2. Rediseño técnico: Componentes a intervenir

Tabla 5. Componentes críticos y tecnologías recomendadas

Sistema mecánico	Problemas comunes	Tecnología eficiente recomendada
Motores eléctricos	Bajo factor de potencia, sobrecarga	Motores IE3/IE4 con variador de frecuencia
Compresores de aire	Fugas, operación continua	Compresores de velocidad variable (VSD)
Bombas industriales	Flujo constante innecesario	Bombas con control automático y sensores
Climatización industrial	Termostatos obsoletos, sin zonificación	Sistemas HVAC con control inteligente

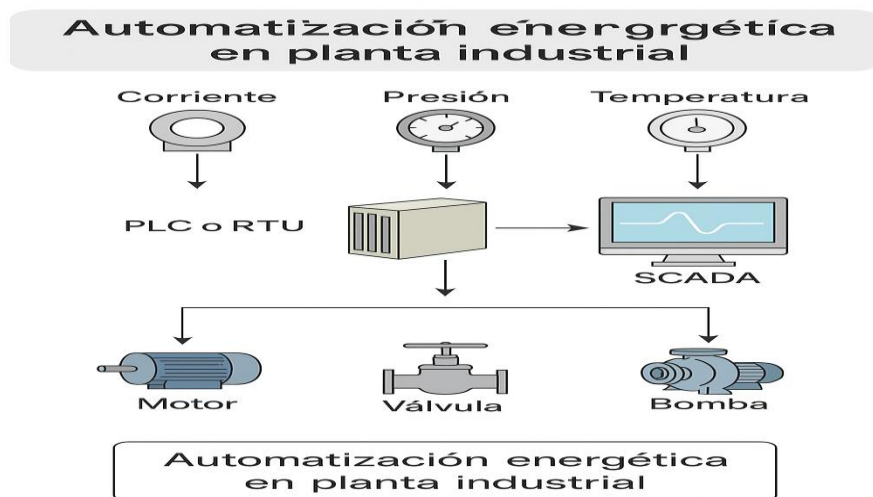
Fuente: Elaboración propia de los autores (2025)

La Tabla Nro. 5 muestra los principales sistemas mecánicos que están presentes en la industria y plantea soluciones tecnológicas eficaces para corregir las insuficiencias más frecuentes, quedando demostrado que equipos como motores eléctricos, compresores, bombas industriales y sistemas de climatización están comprometidos de una gran parte del consumo energético atendiendo a errores constantes como es la maniobra permanente superflua, obsolescencia tecnológica y ausencia de control automatizado.

3. Automatización inteligente de procesos

La automatización permite el control dinámico del consumo energético mediante la instalación de sensores, controladores y sistemas de supervisión. La siguiente figura muestra un esquema conceptual de un sistema automatizado para eficiencia energética:

Figura 1. Esquema de automatización energética en planta industrial



Fuente: Wikimedia Commons / SCADA System Overview (modificado).

La figura anterior muestra un sistema SCADA implementado en la automatización energética en plantas industriales, en el que se articulan sensores, examinadores y una interfaz central para el seguimiento y control de diferentes variables esenciales como presión, temperatura y consumo eléctrico.

Este esquema favorece la inspección en tiempo real y ajustes automáticos en la maniobra de equipos, lo que permite reducir de manera significativa el sobrante energético. La puesta en práctica de esta modalidad de arquitectura digital es importante para perfeccionar los resultados de sistemas mecánicos complicados y favorecer la adopción de decisiones apoyadas en datos exactos, ayudando así a una gestión energética más eficiente y sostenible.

4. Estado comparativo: Antes y después de la intervención

Tabla 6. Escenario hipotético basado en datos de auditorías industriales en Ecuador

Indicador	Antes (tecnología convencional)	Después (sistema eficiente automatizado)	Variación (%)
Consumo energético (kWh/mes)	150,000	108,000	-28%
Costo energético mensual (USD)	14,200	10,200	-28%
Tiempo medio entre fallos (hrs)	600	1,200	+100%
Emisiones de CO ₂ (t/mes)	32	23	-28%
Recuperación de inversión (años)	N/A	2.8	-

Fuente: PEEI, (2020)

5. Recomendaciones para la implementación

- Inspecciones energéticas cada año como obligación antepuesta para intervenir.
- Capacitación técnica y profesional del personal que está directamente a la actividad operativa y al mantenimiento y conservación de los sistemas automatizados.
- Estrategias de estímulo fiscal para aquellas que industrias y empresas que asuman tecnologías de una elevada eficiencia.
- Alianzas público-privadas para invertir recursos financieros en aquellas transiciones energéticas en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs).

6. Conclusión de la propuesta:

El rediseño y automatización de sistemas mecánicos industriales constituye una estrategia esencial para disminuir el consumo energético e incrementar la competencia en el sector manufacturero ecuatoriano, las tecnologías ya están disponibles y comprobadas a nivel internacional, y sus resultados son medibles tanto desde lo económico como desde lo ambiental, la puesta en práctica de esta propuesta demanda voluntad empresarial, acceso a recursos financieros y fortalecimiento técnico de las industrias locales.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha demostrado que el sector industrial manufacturero en Ecuador presenta un alto potencial de mejora en términos de eficiencia energética, especialmente en lo que respecta al rediseño y automatización de sistemas mecánicos. A través del análisis de eficiencia energética del sector industrial manufacturero del Ecuador, se evidenció que gran parte de las tecnologías empleadas en la industria aún son obsoletas, ineficientes y no adaptadas a los estándares internacionales de eficiencia energética.

Los hallazgos que emergen mediante estudios comparativos y casos locales muestran que la puesta en práctica de tecnologías eficientes —como motores eléctricos de alta eficiencia, variadores de frecuencia y sistemas de automatización industrial— generan ahorros energéticos por encima de 25%, con beneficios colaterales como la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, menor deterioro de maquinaria y mejoras en la producción industrial.

Sin embargo, el estudio mostró limitaciones estructurales significativas: restricciones de recursos financieros, ausencia de incentivos de incentivos estatales, poca formación técnica del personal vinculado directamente a la actividad operativa y un marco regulatorio debilitado, lo que implica que, aunque se cuenta con un elevado potencial técnico, su beneficio depende de manera directa del fortalecimiento empresarial, el acceso a tecnología y el desarrollo de políticas públicas acorde a los objetivos de sostenibilidad y productividad empresarial e industrial.

El presente trabajo favorece la identificación de investigaciones futuras que también se pueden adoptar como continuación del presente, entre los que se encuentran: Estudios sectoriales determinados, Desarrollo de estudios piloto de simulación energética, Investigación sobre financiamiento ambiental, Diseño de políticas públicas orientadas a evidencia y Estudios longitudinales y transversales-

Los autores de esta investigación exponen no tener ningún conflicto de interés económico, institucional ni personales vinculados a la obtención de datos, consecuencias, tecnologías o actores implicados en el estudio, el proceso investigativo se ha realizado de manera autónoma, con intereses académicos y de aporte técnico al progreso empresarial e industrial de las empresas ecuatorianas bajo un enfoque sostenible.

REFERENCIAS

- Cepal. (2021). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Avances y desafíos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.cepal.org>
- Cesar, J.C y Montoya, A. (2007) *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas* de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tercera época, año XII, Nro. 31, Julio-diciembre, pág.: 71-80. Recuperado de http://www.economia.unmsm.edu.pe/publ/arch_rev-fce/31_Sumario.htm
- Fernández, J. (2021) Eficiencia energética en el sector industrial. Instituto Vasco de Competitividad. Recuperado de: <https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/210005-Eficiencia-Energ%C3%A9tica-Sector-Industrial-INFORME-COMPLETO-.pdf>
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6-7), 897–920. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson.
- Guamán, J y Rivera, A. (2019) Análisis de la eficiencia energética en un sistema de bombeo accionado de manera directa y controlado por un sistema de variación de frecuencia. Presentado para optar al grado académico de: INGENIERO DE MANTENIMIENTO. Recuperado de: <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/e99d58ed-3b20-4a7b-a41d-4525ab505dbb/content>
- Hernández, Jean C.; Pinto, Ángel D.; González, Jaime A.; Pérez-García, Nelson A.; Torres, Juan M.; Rengel, José-Eduardo Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 28, núm. 54, mayo, 2017, pp. 75-99 Universidad Nacional de Entre Ríos Concepción del Uruguay, Argentina. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/145/14551170003.pdf>
- IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>
- International Energy Agency. (2022). *Energy efficiency 2022: Analysis and outlooks to 2030*. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (Ecuador). (2022). Balance Energético Nacional 2022 (BEN). Recuperado de: <https://www.recursoyenergia.gob.ec>
- Monteros, S (2016) Diagnóstico de la eficiencia energética en el proceso de molienda de productos deshidratados, con molino de martillos, en la industria aromas de Tungurahua en la ciudad de Ambato. Diseño de un sistema automatizado de control de velocidad de alimentación del producto. UTC. Latacunga. 115 p. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6121>
- ONU. (2023). Informe sobre el Progreso Energético Mundial. Naciones Unidas. <https://www.un.org>
- Programa de Eficiencia Energética Industrial (PEEI). (2020). *Informe técnico de auditorías energéticas industriales*. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca – Ecuador.
- United Nations Environment Programme. (2019). Guidelines for the development of cleaner production programmes. UNEP. <https://www.unep.org>