

Impacto de la producción en el consumo de energía eléctrica en el sector de manufactura ecuatoriana: Un enfoque cuantitativo

Darwin Santiago Aldás-Salazar¹; Tatiana Estefanía Ruiz-Paladines²;
Marco Antonio Veloz-Jaramillo³; María Teresa Coca-Medina⁴

Resumen

El sector manufacturero constituye uno de los principales impulsores del crecimiento económico en el Ecuador y depende de diversos recursos, entre los cuales sobresale el consumo de energía eléctrica en su matriz productiva. El objetivo de este estudio es analizar el efecto del volumen de producción sobre la generación y el consumo de energía eléctrica en las industrias manufactureras ecuatorianas. Para ello, se empleó información del módulo de gestión ambiental de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM) correspondiente al año 2020. La metodología incluyó un análisis descriptivo de las fuentes de energía utilizadas y del nivel de producción industrial, medido a través del Valor Agregado Bruto (VAB) empresarial. Posteriormente, se aplicaron pruebas de correlación y significancia estadística para identificar el grado de asociación e impacto entre las variables. Los resultados muestran que el 10,67 % de las empresas del sector manufacturero generan algún tipo de energía eléctrica alternativa, siendo la termoeléctrica la más relevante; además, por cada dólar de producción, las industrias consumen, en promedio, 0,86 kW de energía eléctrica proveniente de la red pública.

Palabras clave: producción industrial; consumo de energía; eficiencia energética; autogeneración; sector manufacturero.

Impact of production on energy consumption in the Ecuadorian manufacturing sector: A quantitative approach

Abstract

The manufacturing sector is one of the main drivers of economic growth in Ecuador and relies on various resources, among which electricity consumption stands out in its productive structure. The objective of this study is to analyze the effect of production volume on the generation and consumption of electricity in Ecuadorian manufacturing industries. To this end, information from the environmental management module of the Structural Business Survey (ENESEM) for the year 2020 was employed. The methodology included a descriptive analysis of the sources of energy used and the level of industrial production, measured through the Gross Value Added (GVA) of enterprises. Subsequently, correlation and statistical significance tests were applied to identify the degree of association and impact between the variables. The results show that 10.67% of manufacturing companies generate some form of alternative electricity, with thermoelectric power being the most relevant; furthermore, for every dollar of production, industries consume on average 0.86 kW of electricity from the public grid.

Keywords: industrial production; energy consumption; energy efficiency; self-generation; manufacturing sector.

Recibido: 26 de junio de 2025

Aceptado: 21 de noviembre de 2025

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial; darwinsaldas@uta.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8882-030X>

² Universidad Técnica de Ambato; tatiana.ruiz@atencionintegral.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5218-103X>

³ Universidad Técnica de Cotopaxi; marco.veloz@utc.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-3178-7278>

⁴ Universidad Técnica de Ambato; coca.medina.maría.teresa@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-8745-7385>

I. INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio climático, el deterioro de los ecosistemas, la contaminación ambiental, junto con el surgimiento constante de nuevas tecnologías, las variaciones en las demandas de los consumidores y las interrupciones inesperadas en las cadenas de suministro están impulsando a las industrias a orientarse hacia prácticas más sostenibles con el medio ambiente (Aldás et al., 2025). En este contexto, la industria manufacturera constituye un motor fundamental para el progreso económico en economías avanzadas y emergentes (Hallward-Driemeier & Nayyar, 2018). En efecto, al ser un sector en constante actividad y altamente solicitado por los demandantes de bienes, dentro de su matriz productiva necesita de mayor consumo de energía (Batouta et al., 2023), esta demanda energética incrementa progresivamente en función del crecimiento de la población y sus actividades económicas (Hernández Pérez, 2021). En el Ecuador, la industria de manufactura tiene un aporte al PIB de un 11,97% (Superintendencia de Bancos, 2022) y es el mayor consumidor de energía eléctrica de red pública, que para el año 2020 demandó cerca de 3.415 GWh correspondiente al 13,25% de la demanda total anual (ENESEM, 2020). La generación de energía eléctrica puede producir alteraciones a los ecosistemas, causando impactos ambientales (Rajabi Kouyakhi & Shavvalpour, 2021). Por lo tanto, las empresas necesitan implementar estrategias en eficiencia energética para reducir el impacto ambiental generado (Barragán Llanos & Llanes Cedeño, 2020), de igual forma, deben trabajar en acciones sostenibles con el medio ambiente y en especial con la autogeneración eléctrica a través de fuentes renovables para satisfacer su demanda interna (Restrepo et al., 2018).

A nivel mundial, se enfrentan desafíos significativos en el mercado energético debido a que la mayor parte de países mantienen la generación de energía eléctrica mediante combustibles fósiles (Ramirez-Sánchez et al., 2022). Sin embargo, en los últimos años se evidencia una tendencia positiva hacia el consumo y la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables (Patterson et al., 2022). En este contexto, es importante mencionar que el crecimiento económico y el medio ambiente mantienen una fuerte relación y se constituyen como uno de los temas más debatidos en materia de sostenibilidad (Olivares Mendoza & Hernández Rodríguez, 2021). Por ello, es fundamental

considerar estrategias ambientales y de producción sostenibles bajo la triada entre el crecimiento económico, los recursos de la naturaleza y el bienestar social (Guillén de Romero et al., 2020).

Las actividades productivas industriales deben estar alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) (Barreto & América, 2020) que se encuentran en la agenda 2030 y se enlazan bajo principios económicos, ambientales y sociales (Naciones Unidas, 2018). En este sentido, las empresas manufactureras deben desarrollar sus actividades considerando los principios hacia el cuidado del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos (Aldás Salazar et al., 2023). Es así que Alessandra De la Flor (2024) proponen la implementación del Lean Green que permite mejorar la productividad en un 120% a través de la mejora del consumo de agua en un 18 % y el consumo de energía eléctrica en un 43 %. En este contexto es importante que las empresas se impulsen a generar su propia energía o implementar un sistema híbrido, para tener una alternativa y solución en tiempos de crisis energética (Bagdadee & Zhang, 2020). En el Ecuador, el mayor abastecimiento de energía eléctrica por parte de las empresas viene desde la red pública, no obstante, depender mayormente de una sola fuente no resulta recomendable, ya que en muchos casos la planificación de la producción depende de varios factores, como los costes de energía eléctrica, mano de obra y mantenimiento (Karimi-Zare et al., 2024), por tanto, es necesario recurrir a otras alternativas como la eólica, solar, entre otras (Icaza-Álvarez et al., 2023), que sean impulsadas a través de políticas públicas para la transición energética hacia un desarrollo más sostenible (Zabaloy et al., 2023). Por tanto, el implementar políticas y nuevas prácticas en el proceso de producción es vital desde la parte ambiental y económica para garantizar la competitividad y permanencia de las empresas en el mercado. (de Oliveira Neto et al., 2019).

Con base en lo mencionado, el objetivo del presente artículo es analizar la incidencia de la producción industrial en el consumo de energía eléctrica, así como también evidenciar qué fuentes de energía alternativa se están utilizando para alcanzar la sostenibilidad medioambiental que demanda la sociedad actualmente.

2. Consideraciones teóricas para el estudio

El acceso a la energía eléctrica es fundamental para el crecimiento económico y desarrollo de las naciones

(Rojas-Asuero et al., 2017). La demanda de energía eléctrica en el mundo aumenta rápidamente, por lo que los avances tecnológicos se han centrado en desarrollar sistemas capaces de suministrar energía de forma segura, fiable y respetuosa con el medio ambiente (Salazar et al., 2021).

2.1 Matriz energética en el Ecuador

En la actualidad el 92% de la generación de energía en el país proviene de centrales hidráulicas, el 7% de térmicas y el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotermia, entre otras) (ENESEM, 2020). A partir del año 2010, nueve centrales hidroeléctricas forman parte de la matriz energética del país, siendo la más destacada la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair de 1500 MW de potencia, la misma que inició su construcción en julio del año 2010, siendo inaugurada el 18 de noviembre del 2016(Escobar et al., 2017),tiempo desde el cual aporta el 30% de la energía producida en el Ecuador.

2.2 Industria de manufactura del Ecuador

El Ecuador desde el inicio de la era industrial, mantiene una estructura productiva basada en la extracción petrolera y exportación de algunos productos alimenticios como banano y cacao (Morales Molina et al., 2024), sin embargo, en los últimos años la industria de manufactura ha ido tomando importante protagonismo en la economía del país (Aldas Salazar et al., 2023).

La industria manufacturera aporta ampliamente a la economía global. En Europa, por ejemplo, esta industria se centra en la producción de bienes de consumo con alto valor agregado (Moreno-Morales et al., 2024).

2.3 Valor agregado bruto empresarial

Asimismo, para conocer el valor que una empresa está generando a partir de los recursos que emplea, se

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

y: Variable dependiente (lo que se va a predecir)

x₁: Variable independiente (predictora)

β_0 : Constante del modelo

β_1 : Coeficiente de la variable x

ε : Término de error (valor asumido para el presente estudio = 0,05)

utiliza el Valor Agregado Bruto (VAB) como indicador de medición (Padilla et al., 2018). El VAB, refleja el valor creado a partir de los recursos que se emplean en la producción y es utilizado para evaluar la eficiencia, productividad y el impacto económico de las empresas y sectores en la economía de un país (Moina et al., 2020).

3. Procedimiento metodológico del estudio

Para cumplir el objetivo de la investigación, se utilizaron datos de fuentes secundarias, específicamente de la base de datos (ENESEM) del año 2020; se consideraron las 703 empresas que pertenecen al sector manufacturero ecuatoriano. Se filtró la base de datos y se trabajó con las variables: generación de energía eléctrica alternativa o complementaria a la red pública, consumo de energía desde la red pública y el Valor Agregado Bruto empresarial (VAB). Se aplicó un análisis exploratorio de datos a través de la estadística descriptiva con el objetivo de evidenciar el comportamiento que tienen las variables de generación, consumo y VAB; además, se realizó un análisis desde las diferentes fuentes de energía: biomasa, hidroeléctrica, solar, eólica y generadores termoeléctricos. A continuación, para determinar la relación de la producción manufacturera medida por el VAB y la generación y consumo de energía eléctrica se utilizó la correlación de Spearman, debido a que los datos no siguen una distribución normal. Finalmente, para determinar la incidencia que tiene la producción en la generación y consumo de energía eléctrica del sector manufacturero ecuatoriano se aplicaron modelos de regresión lineal (Carrasquilla-Batista et al., 2016). Antes de aplicar la regresión primero se comprobó que se cumplieran los supuestos de linealidad, independencia de los errores, homocedasticidad y normalidad (Vilá Baños et al., 2019).

La ecuación 1, se utiliza para el desarrollo de los modelos:

4. Resultados del estudio

Los resultados se presentan en función de: tamaño de empresa, provincia, actividad económica. El consumo y generación de energía se analiza en unidades de Kilovatios (kW) y la producción en dólares (USD). El estudio muestra que la mayor cantidad de empresas está en la provincia de Guayas con 273, seguido de Pichincha con 223.

4.1 Producción industrial del sector manufacturero

El grupo de grandes empresas es quien generó mayor producción en el año 2020, además, la diferencia es significativa con respecto a la categoría de mediana empresa "A" y mediana empresa "B", esto tanto en el VAB generado, así como en el número de empresas que integran dentro de cada grupo (Ver Figura 1).

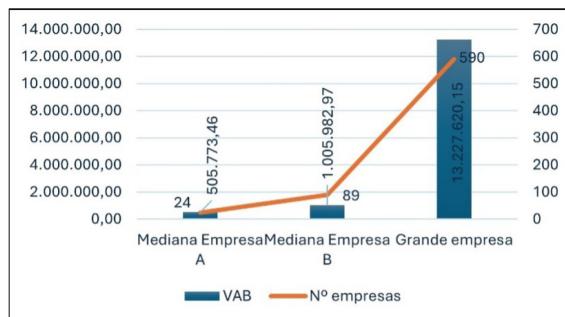


Figura 1. Promedio del Valor Agregado Bruto.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

4.2 Consumo de energía eléctrica

El mayor consumo de energía viene desde la red pública, no obstante, dentro de las empresas que conforman el sector manufacturero no todas registraron información al respecto, esto es porque este servicio se paga junto con el valor de la renta del lugar o simplemente las industrias consumen la energía generada por sus plantas privadas.

La mayor demanda de energía a la red pública la presenta la categoría de Grande Empresa (Ver Figura 2), este promedio de consumo es por las 571 industrias que conforman este grupo, mientras que, las medianas empresas A presentan un promedio inferior con 314.426,15 KW.

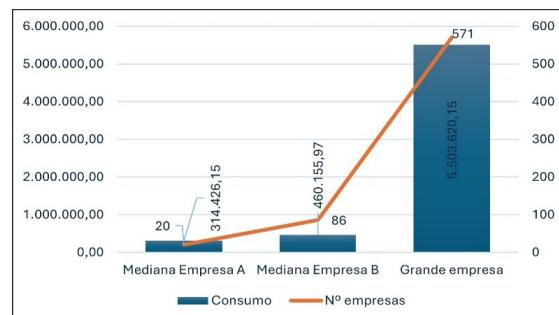


Figura 2. Promedio de consumo de energía eléctrica en KW.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

El sector manufacturero cuenta con una diversidad de actividades a las que se dedican las industrias, en su mayoría de producción de alimentos, esto porque es rentable y mantienen un constante movimiento económico. En este sentido en la Figura 3 se aprecia que las empresas que se dedican a la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos consumieron un total de 375.465.870 kW de energía desde la red pública. El principal reto de las industrias que trabajan con alimentos es la conservación de sus productos, por lo mismo, necesitan de energía eléctrica para la congelación, almacenamiento y refrigeración (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).

Por otro lado, las empresas que le siguen son aquellas que trabajan con el hierro y acero, estas presentan la segunda mayor demanda de energía a la red pública, sin embargo, de este grupo ninguna aplicó estrategias energéticas dentro de sus instalaciones, por ello, es necesario políticas específicas que impulsen la autogeneración de energía y así reducir la demanda final en el sector industrial (Ramirez-Sanchez et al., 2022).

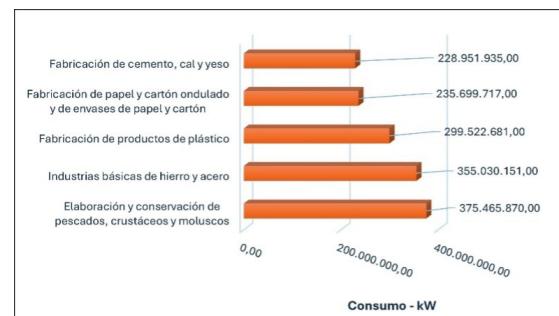


Figura 3. Consumo de energía por la principal actividad económica.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

4.3 Generación de energía eléctrica alternativa

Dentro del sector manufacturero el 10,67% (75 empresas) generó algún tipo de energía eléctrica alternativa o complementaria a la red pública.

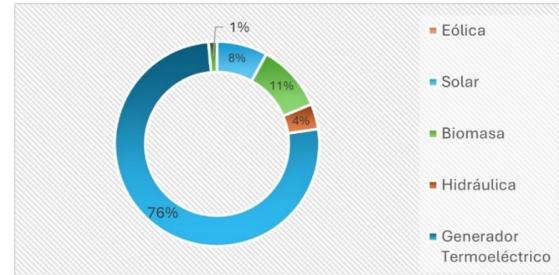


Figura 4. Fuentes de generación de energía eléctrica.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

La generación de energía eléctrica alternativa en la industria manufacturera ecuatoriana del año 2020 la encabeza la que se produce a través de generadores termoeléctricos en 57 empresas (Ver Figura 4), esta fuente es importante en el desarrollo industrial, sin embargo, se deben considerar alternativas que no impacten el medioambiente con la utilización de combustibles fósiles (Zhou et al., 2022). Segundo se encuentra la producción por biomasa y solar, además, es importante mencionar que los proyectos hidroeléctricos y eólicos mantienen un costo muy elevado, por lo mismo existe escasa motivación de las industrias por estas fuentes.

Existen empresas que generan su energía para el desarrollo de sus actividades, es así que, a nivel nacional, la provincia de Pichincha generó la mayor cantidad de energía eléctrica (ver Figura 5), seguido se encuentran otras provincias como Guayas, Imbabura y Cañar que también trabajan en el desarrollo sostenible con este recurso.

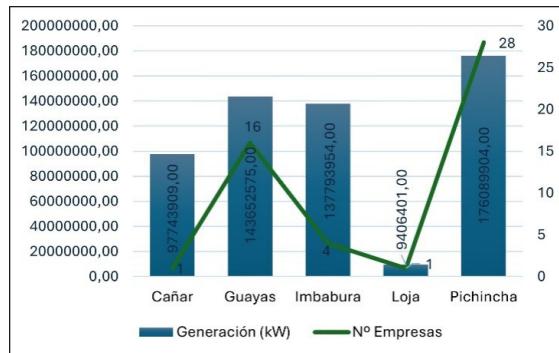


Figura 5. Principales provincias generadoras de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

4.4 Asociación entre el VAB y generación, consumo y energías alternativas

Para establecer el grado de asociación que tiene la generación total de energía, así como el consumo desde la red pública con respecto a la producción manufacturera; se realizaron correlaciones utilizando la prueba no paramétrica Rho de Spearman, además, se establecieron correlaciones con las diferentes fuentes de generación de energía como son: termoeléctrica, solar, biomasa, hidráulica, eólica y otro.

Tabla 1. Coeficientes de correlación de la generación

Rho de Spearman	Valor Agregado Bruto VAB		
	Coeficiente de correlación	Sig. (bilateral)	Relación
Generación	0,396	0,000	Correlación positiva media
Consumo	0,633	0,000	Correlación positiva considerable
Termoeléctrica	0,541	0,000	Correlación positiva considerable
Solar	-0,393	0,383	No son significativas
Biomasa	0,548	0,160	No son significativas
Hidráulica	-0,500	0,667	No son significativas
Eólica			No hay casos válidos

En la tabla 1 se presentan los resultados de la correlación entre la producción manufacturera y la generación de energía eléctrica y sus diferentes fuentes, así como del consumo desde la red pública. La generación y consumo de energía por su significancia bilateral (0,000) mantiene una relación significativa con el VAB, es decir, estas variables se encuentran relacionadas entre sí porque su *p-value* es menor que 0,05. Asimismo, es importante destacar que la fuente de generación de energía por generadores termoeléctricos es la que destaca de las otras por el nivel de significancia menor a 0,05, que manifiesta que si presenta relación con el Valor Agregado Bruto; por lo tanto, se corrobora

la dependencia que tienen las variables energéticas con la producción industrial y viceversa (Marroquín Arreola et al., 2015; Neme Castillo et al., 2015).

Por otro lado, los tipos de generación de energía solar, biomasa e hidráulica reflejan una significancia mayor a 0,05 y por lo tanto no son significativas en el estudio. Por último, la autogeneración eólica tampoco presentó relación con la producción porque no existieron casos válidos, es decir, ninguna empresa optó por aplicar estrategias energéticas desde esta fuente; la escasa presencia de este tipo es principalmente porque necesita de grandes aportes técnicos, geográficos, climáticos y sobre todo económicos (Kumar et al., 2023).

Dentro de las variables energéticas que fueron significativas (p-value menor a 0,05) se encuentran el consumo con el mayor coeficiente de asociación (0,63) y seguido está la generación de energía termoeléctrica (0,54); estos presentan una correlación positiva considerable respecto a la producción, en cuanto a la generación de energía eléctrica refleja una correlación positiva considerable también (0,39).

4.5 Análisis explicativo

Para explicar el efecto que tiene la producción a través del VAB en la generación de energías alternativas

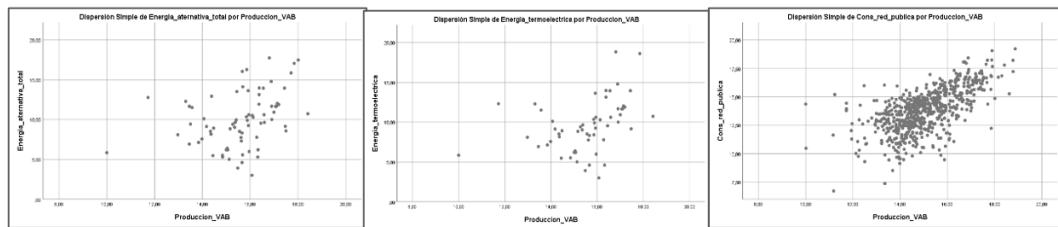


Figura 6. Prueba de linealidad de los modelos.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEC (2020)

Independencia: Establece que los errores asociados a las variables explicativas no deben estar correlacionados entre sí. Este supuesto lo verificamos mediante el estadístico de Durbin-Watson; se consideran independientes si el estadístico se encuentra entre 1,5 y 2,5 (Vilá, 2019).

Para el caso estudiado, los resultados indican de acuerdo a la prueba de Durbin-Watson que para M-1: 1,837; M2: 1,823 y para M-3: 1,968. Por tanto, se cumple el supuesto de independencia.

Normalidad: Para verificar el supuesto de normalidad, aplicamos la prueba de Kolmogórov-Smirnov considerando las siguientes hipótesis

- H_0 (hipótesis nula): los datos siguen una distribución normal.
- H_1 (hipótesis alternativa): los datos no siguen una distribución normal.

El criterio de decisión es:

- Si $p(\text{Sig.}) > 0,05$, no rechazamos H_0 → los datos pueden considerarse normales.
- Si $p(\text{Sig.}) \leq 0,05$, rechazamos H_0 → los datos no son normales.

Al realizar la prueba se obtienen los resultados expresados en la tabla 2.

y en el consumo de energía del sector manufacturero se analizaron tres modelos de regresión lineal, como se observa en la tabla 3.

Antes de aplicar las regresiones, se normalizaron los datos para cumplir así con todos los supuestos.

Linealidad

En la Figura 6 se observa que las variables en los tres modelos propuestos cumplen el principio de linealidad, ya que el comportamiento de los datos guarda una tendencia lineal.

Tabla 2. Prueba de normalidad

Variables de estudio	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Energía_termoeléctrica	,057	56	,200*
Producción_VAB	,107	56	,170
Energía_alternativa_total	,051	56	,200*
Cons_red_pública	,086	56	,200*

Fuente: Base de datos ENESEM 2020 procesado en el programa estadístico SPSS V.29

Al ser todos los valores de la significancia mayores a 0,05; se concluye que los datos pueden considerarse normales.

Multicolinealidad

Los tres modelos son de regresión lineal simple por tanto no existe el riesgo de multicolinealidad, porque solo hay un predictor. Por lo tanto, no es necesario verificar este supuesto.

Los resultados de la prueba de correlación indica que la relación entre la generación de energía eléctrica y la producción (modelo M-1) es positiva media (0,44), además, a través del modelo ANOVA que arrojó una significancia menor a 0,05 (0,000) que indica que

si existe evidencia significativa entre las variables; el coeficiente de determinación (R cuadrado) expresa que este modelo se explica en un 19,6% de la varianza. Por otro lado, la autogeneración por generadores termoeléctricos mantiene una correlación positiva considerable (0,51) con respecto a la producción, de igual manera tienen significancia estadística por tener

un ANOVA menor a 0,05 y este modelo M-2 se explica en un 26.1% de la varianza. Por último, en el modelo M-3, el consumo de energía presenta una relación directamente proporcional con relación al VAB, reflejan una correlación positiva considerable (0,64), este tercer modelo tiene una mayor explicación con respecto a la varianza (40,9%), (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de los modelos

Modelo	Variables	R	R cuadrado	ANOVA
M-1	VAB- Generación energía alternativa	0,442	0,196	0,000
M-2	VAB- Generación energía termoeléctrica	0,511	0,261	0,000
M-3	VAB- Consumo red pública	0,64	0,409	0,000

Luego de aplicar el modelo de regresión lineal entre las variables de estudio, en la tabla 4 se observan los coeficientes que se consideraron en las diferentes

ecuaciones, todas presentan un nivel de significancia menor a 0,05, por lo tanto, son significativas y pueden asociarse.

Tabla 4. Coeficientes de los modelos

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	Sig.
	B	Beta		
1	(Constante)	-5,296	0,442	0,156
	VAB	0,979		0,000
2	(Constante)	-5,402	0,511	0,118
	VAB	0,954		0,000
3	(Constante)	0,770	0,640	0,202
	VAB	0,863		0,000

Modelo M-1:

Ecuación del modelo 1:

$$\gamma = -5,296 + 0,979X_1 + 0,05 \quad (2)$$

Donde:

γ : Generación de energía alternativa total (KW)

X_1 : Variable de producción (VAB) (USD)

En la ecuación 2 se denota una cantidad de -5,296 para la constante, este es el valor que toma la variable dependiente cuando la producción dentro de las industrias es igual a cero; así también, en la ecuación del modelo 1 se observa el coeficiente para el Valor Agregado Bruto, que indica que por cada dólar de producción se genera 0,979 kW de energía eléctrica alternativa.

Modelo M-2:

Ecuación del modelo 2:

$$\delta = -5,402 + 0,954X_1 + 0,05 \quad (3)$$

Donde:

δ : Generación de energía termoeléctrica (KW)

X_1 : Variable de producción (VAB) (USD)

En la ecuación 3 del modelo M-2 se observa el valor de la constante de -5,402, este valor es el que toma la generación de energía cuando la producción en las industrias es igual a cero, por otro lado, por cada dólar de producción se genera 0,954 kW de energía eléctrica a través de generadores termoeléctricos. En efecto, cuando las empresas no están en actividad económica no priorizan la generación de energía, sin embargo, al

producir los diferentes bienes ya cuentan con recursos que pueden ser invertidos en proyectos energéticos, esto les permite tener una mejor imagen corporativa y estar preparados en tiempos de desabastecimiento de energía.

Modelo M-3

Ecuación del modelo 3:

$$\varphi = 0,770 + 0,863X_1 + 0,05 \quad (4)$$

Donde:

φ : Consumo de energía total (kW)

X_1 : Variable de producción (VAB) (USD)

La ecuación 4 del modelo 3 denota una cantidad de 0,770 para la constante, este es el valor que toma la variable dependiente cuando la producción dentro de las empresas manufactureras es igual a cero; de esta manera se evidencia que las industrias pese a no tener producción aún consumen energía eléctrica para iluminar las instalaciones y en especial para conservar los productos. En este modelo se indica que, por cada dólar de producción se consume 0,863 kW de energía eléctrica a la red pública.

II. CONCLUSIONES

El sector manufacturero constituye un componente fundamental para el crecimiento económico del país. En los últimos años, se ha observado un incremento en el número de empresas dedicadas a esta actividad, lo que ha conllevado una mayor demanda de energía eléctrica para el desarrollo de los procesos productivos que integran la matriz productiva nacional. Ante esta creciente necesidad energética, muchas industrias han optado por implementar sistemas de autogeneración eléctrica con el fin de reducir su dependencia de la red pública. No obstante, los datos revelan que únicamente el 10,67 % del total (equivalente a 75 empresas) ha incorporado fuentes alternativas o complementarias de generación eléctrica, siendo las más empleadas los generadores termoeléctricos y el aprovechamiento de la biomasa. Cabe destacar que los proyectos energéticos industriales se concentran principalmente en las provincias de Guayas y Pichincha, y que las empresas que los ejecutan se clasifican, en su mayoría, como grandes empresas, cuya actividad económica principal está relacionada con la elaboración y conservación de

productos alimenticios.

En relación con la producción del sector manufacturero, medida mediante el Valor Agregado Bruto (VAB), se observó que las industrias dedicadas a la fabricación de productos derivados de la refinación del petróleo constituyen el principal contribuyente, con una participación del 25,41 % del total. Este hallazgo refleja una alta concentración de la actividad productiva en industrias de alta demanda energética y de capital intensivo. Además, estas empresas se localizan predominantemente en las provincias de Guayas y Pichincha, zonas que históricamente concentran la mayor infraestructura industrial del país. Cabe destacar que estas organizaciones pertenecen, en su mayoría, al grupo de grandes empresas, lo cual sugiere una correlación entre el tamaño empresarial, la ubicación geográfica estratégica y la participación en la generación de valor agregado dentro del sector. Este comportamiento podría estar influenciado por factores como el acceso a insumos, la infraestructura logística, así como políticas de incentivo económico a nivel regional.

La producción del sector manufacturero presenta una relación directamente proporcional y una correlación positiva moderada con la generación de energía eléctrica. Asimismo, se evidencia una asociación positiva significativa con el consumo de energía eléctrica proveniente de la red pública. Entre las distintas fuentes de generación energética utilizadas por las empresas manufactureras, los generadores termoeléctricos destacan como la única fuente con una correlación significativa respecto al nivel de producción. Esta fuente representa la principal modalidad de autogeneración adoptada por las industrias, lo cual sugiere una tendencia hacia la implementación de soluciones energéticas internas que complementen o reduzcan la dependencia del suministro eléctrico convencional.

En el primer modelo de regresión lineal simple se analizó la relación entre la generación de energía eléctrica alternativa o complementaria y el nivel de producción en el sector manufacturero. Los resultados indicaron que, por cada dólar generado en producción, se autogeneran aproximadamente 0,979 kW de energía eléctrica. En el segundo modelo, se consideró exclusivamente la principal fuente de autogeneración que es la termoeléctrica y se estimó que por cada dólar de producción se generan 0,954 kW de energía mediante

este tipo de tecnología. Estos hallazgos reflejan que la producción industrial es un factor determinante en la decisión de autogenerar energía, ya que en ausencia de actividad económica las empresas no perciben ingresos y, por tanto, no cuentan con los recursos necesarios para invertir en proyectos energéticos internos.

El tercer modelo incorporó el consumo de energía eléctrica desde la red pública en función de la producción manufacturera. Este modelo presentó el mayor nivel de ajuste, explicando el 40.9% de la varianza. Se encontró que, por cada dólar de producción, las industrias consumen en promedio 0.86 kW de energía eléctrica proveniente del sistema interconectado nacional, cuya fuente principal es la generación hidroeléctrica. A pesar de esta dependencia, se destaca la necesidad de promover estrategias de autogeneración eléctrica mediante fuentes alternativas sostenibles, con el fin de diversificar la matriz energética industrial y mitigar el impacto ambiental.

Los resultados del estudio evidencian que el sector manufacturero mantiene una alta dependencia del consumo energético convencional, lo cual impacta directamente en su producción. En este contexto, se considera pertinente promover políticas energéticas orientadas a la eficiencia y sostenibilidad, tales como la implementación de programas de reconversión tecnológica, incentivos fiscales para la adopción de energías renovables, y mecanismos de financiamiento verde que faciliten la modernización del parque industrial, las mismas que actualmente no se evidencian en el Ecuador.

Una limitación importante a considerar en el estudio es que los datos para el análisis son del año 2020, un momento caracterizado por los impactos económicos y sociales provocados por la pandemia de COVID-19. Durante este año, muchas empresas experimentaron interrupciones en sus operaciones, disminución en la demanda, restricciones logísticas y cambios en la estructura del empleo.

Estas condiciones excepcionales pudieron alterar variables como el Valor Agregado Bruto, los niveles de inversión y productividad, generando posibles desviaciones respecto a las tendencias habituales del sector y el consumo energético.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se recomienda que futuros estudios se enfoquen en el análisis desagregado por subsectores industriales para identificar diferencias en eficiencia energética, así como en la evaluación económica de la autogeneración,

considerando costos, beneficios y barreras de entrada, especialmente para empresas pequeñas y medianas. También sería relevante examinar el impacto ambiental de las distintas fuentes de energía utilizadas en el sector manufacturero, comparando las emisiones asociadas al consumo desde la red pública con aquellas provenientes de fuentes alternativas como la termoeléctricidad o la biomasa. Asimismo, se sugiere el desarrollo de modelos predictivos que permitan estimar la demanda energética a partir del nivel de producción y otros factores operativos.

III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldás Salazar, D., Barrera Erreyes, H., Luzuriaga Jaramillo, H., & Abril Flores, J. (2023). Crecimiento económico y la gestión ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. *Estrategias hacia un modelo de economía circular. Revista Gobierno y Gestión Pública*, 10(1), 85–98. <https://revistagobiernoygestionpublica.usmp.edu.pe/index.php/RGGP/article/view/308>
- Bagdadee, A. H., & Zhang, L. (2020). Electrical power crisis solution by the developing renewable energy based power generation expansion. *Energy Reports*, 6, 480–490. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.106>
- Barragán Llanos, R. A., & Llanes Cedeño, E. A. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(104), 36–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.364>
- Barreto, C., & America, L. (2020). *Climate Bonds Initiative Bonos ODS*.
- Batouta, K. I., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2023). Energy efficiency in the manufacturing industry - A tertiary review and a conceptual knowledge-based framework. *Energy Reports*, 9, 4635–4653. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.03.107>
- Carrasquilla-Batista, A., Chacón-Rodríguez, A., Núñez-Montero, K., Gómez-Espinoza, O., Valverde, J., & Guerrero-Barrantes, M. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento

- microalgal. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 33–45. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Cepeda Chacaguasay, P., Zurita Moreano, E., & Ayaviri Nina, D. (2016). Los ingresos petroleros y el crecimiento económico en Ecuador (2000-2015). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18(4), 459–466. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.238>
- De Oliveira Neto, G. C., Ferreira Correia, J. M., Silva, P. C., de Oliveira Sanches, A. G., & Lucato, W. C. (2019). Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1514–1525. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>
- ENESEM. (2020). *Aspectos metodológicos Principales Resultados Indicadores Definiciones*.
- Escobar, L. R. I., Cañarte, J. S. R., Macías, L. K. V., & García, M. C. M. (2017). El cambio de la matriz energética en el Ecuador y su incidencia en el desarrollo social y económico de la población. *Mikarimin*, 3(2), 25–36. <http://186.46.158.26/ojs/index.php/mikarimin/article/view/695>
- Guillén de Romero, J., Calle García, J., Gavidia Pacheco, A. M., & Vélez Santana, A. G. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(4), 293–307. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7687041>
- Hallward-Driemeier, M., & Nayyar, G. (2018). *Trouble in the Making?: The Future of Manufacturing-Led Development*. World Bank Group. <http://hdl.handle.net/10986/27946>
- Hernández Pérez, J. (2021). Efecto del consumo de energía renovable en las emisiones de gases de efecto invernadero en países con ingresos bajos y altos. *Acta Universitaria*, 31, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2021.3030>
- Icaza-Alvarez, D., Jurado, F., Flores, C., & Reivan Ortiz, G. (2023). Ecuadorian electrical system: Current status, renewable energy and projections. *Helijon*, 9(5), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2023.e16010>
- INEC. (2020). *Banco de datos abiertos*. <https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>
- Kumar, R., Kumar Mishra, S., & Kumar Mohanta, D. (2023). Reliability and economics evaluation for generation expansion planning incorporating variability in wind energy sources. *Electric Power Systems Research*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109720>
- Licandro, O., Ortigueira-Sánchez, L. C., & Barrueta Pinto, M. C. (2024). Compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, desempeño económico y recursos humanos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(108), 1483–1503. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.108.1>
- Manoj Kumar, N., Chopra, S. S., Chand, A. A., Elavarasan, R. M., & Shafiullah, G. M. (2020). Hybrid renewable energy microgrid for a residential community: A techno-economic and environmental perspective in the context of the SDG7. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/SU12103944>
- Marroquín Arreola, Neme Castillo, O., & Valderrama Santibáñez, A. L. (2015). Producción manufacturera, consumo de energía y empleo en México: Un análisis por clases manufactureras. *Cuadernos de Economía (Colombia)*, 34(65), 377–400. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v34n65.48623>
- Moina, P., Morales, L., & Córdova, A. (2020). Crecimiento económico en una región emprendedora en el Ecuador. *Retos*, 10(19).
- Morales Molina, T., Martínez Mesías, J. P., Aldas Salazar, D., & Morales-Urrutia, X. (2024). Efficiency of Permanent Crops: Bananas, Cocoa, Coffee in Ecuador. An Analysis During the COVID 19 Pandemic. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 774. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43733-5_22
- Moreno-Morales, A., Navarrete-Fonseca, M., Molina-Herrera, J., & Osorio-Jiménez, K. (2024). Contribución del sector industrial manufacturero al producto interno bruto del Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(105). <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.105.26>

- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Neme Castillo, O., Valderrama Santibáñez, A. L., & García Meza, M. A. (2015). Consumo de energía, empleo y producción manufacturera en México. *Ánalisis Económico*, 30(74), 115–143. <https://analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/85>
- Olivares Mendoza, J. A., & Hernández Rodríguez, C. (2021). ¿La curva ambiental de Kuznets sigue siendo válida para explicar la degradación? Una revisión teórica. *Revista de Coyuntura y Perspectiva*, 6(3), 3–52. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2415-06222021000300003&script=sci_abstract
- Padilla, M., Quispe, L., Nogueira, D., & Hernández, A. (2018). El emprendimiento como gestión empresarial para un desarrollo sostenible. *Ingeniería Industrial*, 24(2).
- Patterson, M., Singh, P., & Cho, H. (2022). The current state of the industrial energy assessment and its impacts on the manufacturing industry. *Energy Reports*, 8, 7297–7311. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.05.242>
- Rajabi Kouyakhi, N., & Shavvalpour, S. (2021). The driving forces of energy consumption and carbon dioxide emissions in Iran's electricity sector: A decomposition analysis based on types of ownership. *Cleaner Environmental Systems*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100012>
- Ramirez-Sanchez, E., Evangelista-Palma, G., Gutierrez-Navarro, D., Kammen, D. M., & Castellanos, S. (2022). Impacts and savings of energy efficiency measures: A case for Mexico's electrical grid. *Journal of Cleaner Production*, 340. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130826>
- Restrepo, Á. R., Nope, S. E., & Enríquez, D. E. (2018). Beneficios Económicos de la Gestión de la Demanda y la Energía Autogenerada en el Contexto de la Regulación Colombiana. *Información Tecnológica*, 29(1), 105–116. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000100105>
- Rodríguez-Sauceda, R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R., Piña-Ruiz, H. H., Ramírez-Valverde, B., Vaquera-Huerta, H., & Con-Hermida, M. de la C. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10(6), 151–173. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46132135012.pdf>
- Rojas-Asuero, H. V., Duque-Yaguache, E., & García-Ramírez, Y. (2017). Contexto actual del sector hidroeléctrico ecuatoriano: Análisis de proyectos emblemáticos. (Tesis de grado). *Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador*.
- Salazar, A., Arcos-Aviles, Di., Llanos, J., Ortiz, Di., Rodriguez, M., Motoasca, E., & Martinez, W. (2021). Model predictive control-based energy management system for isolated electro-thermal microgrids in rural areas of Ecuador. *2021 23rd European Conference on Power Electronics and Applications, EPE 2021 ECCE Europe*. <https://doi.org/10.23919/epc21ecceurope50061.2021.9570196>
- Superintendencia de Bancos. (2022). *Sistema de banca privada y pública informe del sector industrias manufactureras*.
- Vilá Baños, R., Torrado Fonseca, M., & Reguant Álvarez, M. (2019). Anàlisi de regressió lineal múltiple amb SPSS: un exemple pràctic. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 12(2), 1–10. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- World Bank. (2022). Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. In *Iea*.
- Zabaloy, M. F., Guzowski, C., & Recalde, M. Y. (2023). Políticas públicas para la transición energética argentina: pasado, presente y futuro. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, 9(1). <https://doi.org/10.5354/0719-6296.2023.69379>
- Zhou, J., Yin, T., & Tian, J. (2022). Research on the impact of Beijing–Tianjin–Hebei electric power and thermal power industry on haze pollution. *Energy Reports*, 8, 1698–1710.