



Estimación de la eficiencia energética y huella de carbono en dos empresas metalmecánicas de Manabí

Estimation of energy efficiency and carbon footprint in two metalworking companies in Manabí

Estimativa de eficiência energética e pegada de carbono em duas empresas metalúrgicas em Manabí

Gema Isabel Zambrano Alvarez ^I
gemazambranoedu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3322-5954>

Darwin Marcos Salvatierra Piloza ^{II}
darwin.salvatierra@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2659-4471>

Correspondencia: gemazambranoedu@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de abril de 2022 * **Aceptado:** 12 de mayo de 2022 * **Publicado:** 13 de junio de 2022

- I. Maestría en Gestión Ambiental, Instituto de posgrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.
- II. Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural, Ingeniero Forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

Resumen

Las empresas de manufactura dependen del uso de combustibles fósiles y energía eléctrica para realizar sus operaciones, por lo que controlar, regular y concientizar las organizaciones sobre la gestión ambiental es fundamental para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero lo cual influye en el cambio climático, además se puede determinar la eficiencia energética que implica beneficios económicos y mejoramiento de la imagen empresarial. El objetivo de la investigación es estimar la eficiencia energética y huella de carbono en dos empresas metalmecánicas, estableciendo líneas base de consumos para un mejor control en sus gestiones, se utilizó el método Greenhouse Gas Protocol (GHG) para calcular la Huella de Carbono y determinar la variación de sus consumos mediante la proyección de la línea base a través de regresiones, se hicieron comparaciones de los consumos, costos y emisiones CO₂ de cada empresa por dos años consecutivos, estadísticamente se identificó diferencia significativa en sus consumos y emisiones, estableciendo reducción del año 2019 al 2020. La eficiencia energética se comparó entre empresa (Artesanal e Industrial), donde no se obtuvo diferencias significativas, a diferencia de la comparación de la eficiencia entre los años 2019 y 2020 donde se determinó mejora de la eficiencia en concordancia con la reducción de consumos y emisiones en ambas empresas, por lo se concluye que la eficiencia determinada en cada empresa no depende de su tamaño sino de su gestión interna. Por lo tanto, la empresa Industrial no es más eficiente que la artesanal.

Palabras Clave: Eficiencia energética; huella de carbono; contaminación ambiental y cambio climático.

Abstract

Manufacturing companies depend on the use of fossil fuels and electricity to carry out their operations, so controlling, regulating and making organizations aware of environmental management is essential to reduce greenhouse gas emissions, which influence climate change. In addition, energy efficiency can be determined, which implies economic benefits and improvement of the business image. The objective of the research is to estimate the energy efficiency and carbon footprint in two metalworking companies, establishing consumption baselines for better control in their efforts, the Greenhouse Gas Protocol (GHG) method was used to calculate the Carbon Footprint and determine the variation of their consumption through the projection of the base line through regressions, comparisons were made of the consumption, costs and CO₂ emissions of each

company for two consecutive years, statistically a significant difference was identified in their consumption and emissions, establishing reduction of the year 2019 to 2020. Energy efficiency was compared between companies (Artisanal and Industrial), where no significant differences were obtained, unlike the comparison of efficiency between the years 2019 and 2020, where an improvement in efficiency was determined in accordance with the reduction of consumption and emissions in both companies, so it is concluded that the efficiency determined in each company does not depend on its size but on its internal management. Therefore, the Industrial company is not more efficient than the artisanal one.

Keywords: Energy efficiency; carbon footprint; environmental pollution and climate change.

Resumo

As empresas manufatureiras dependem do uso de combustíveis fósseis e eletricidade para realizar suas operações, portanto, controlar, regular e conscientizar as organizações sobre a gestão ambiental é essencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, que influenciam as mudanças climáticas. o que implica benefícios econômicos e melhoria da imagem do negócio. O objetivo da pesquisa é estimar a eficiência energética e a pegada de carbono em duas empresas metalúrgicas, estabelecendo linhas de base de consumo para melhor controle em seus esforços, foi utilizado o método Greenhouse Gas Protocol (GHG) para calcular a Pegada de Carbono e determinar a variação de suas consumo através da projeção da linha de base através de regressões, foram feitas comparações do consumo, custos e emissões de CO₂ de cada empresa por dois anos consecutivos, estatisticamente foi identificada diferença significativa em seus consumos e emissões, estabelecendo redução do ano de 2019 para 2020 . A eficiência energética foi comparada entre as empresas (Artesanal e Industrial), onde não foram obtidas diferenças significativas, ao contrário da comparação de eficiência entre os anos de 2019 e 2020, onde foi determinada uma melhoria na eficiência de acordo com a redução de consumos e emissões em ambas empresas, concluindo-se que a eficiência determinada em cada empresa não depende de seu tamanho, mas de sua gestão interna. Portanto, a empresa Industrial não é mais eficiente que a artesanal.

Palavras-chave: Eficiência energética; pegada de carbono; poluição ambiental e mudanças climáticas.

Introducción

El estilo de vida y mecanismos de producción van cambiando con el pasar de los años, en las últimas décadas se habla sobre consumismo, contaminación e impacto ambiental, gases efecto invernadero (GEI) los cuales son causantes del cambio climático. (Useros, 2013). Lo que lleva a la promoción de la sostenibilidad ambiental, energías renovables y eco amigables. (Correa Álvarez et al., 2016). Desde los inicios de la revolución industrial, el crecimiento y expansión urbana se han acelerado progresivamente en especial en las últimas décadas, se ha identificado las relaciones que tienen las actividades humanas en los efectos adversos al medio que nos rodea. (Castro et al., 2020) y (Aristizábal Alzate et al., 2020).

Los Gases de efecto invernadero (GEI) son aquellas emisiones liberadas a la atmósfera causando deterioro en la capa de ozono (Espíndola & Valderrama, 2012), (Correa Álvarez et al., 2016) y (Montero V et al., 2013) generando consecuencias negativas al ambiente que repercuten en la extinción de flora y fauna, propagación de enfermedades, inundaciones, entre otras consecuencias. (Salazar et al., 2018), (Páez et al., 2016) y (MINCULTURA, 2016). Refiriendo como GEI al Dióxido de Carbono equivalente CO_2 eq, quien a su vez según (Ihobe, 2012) en el Anexo A del Protocolo de Kioto los seis GEI son: Metano CH_4 , Óxido Nitroso N_2O , Hidrofluorocarbonos HFC, Perfluorocarbonos PFC, Hexafluoruro de Azufre SF_6 y el Dióxido de Carbono CO_2 , siendo este el más generado y que ha contribuido en mayor medida al calentamiento global. (Cepal, 2012).

La huella de carbono es la suma de los gases de efecto invernadero emitidos por actividades cotidianas en todo el mundo, como son las actividades comerciales, industriales incluyendo las actividades realizadas por las personas. (Torres Ramos et al., 2017). La huella de carbono corporativa mide las emisiones de GEI en las empresas, durante sus procesos de fabricación, comercio o servicio. Estas emisiones pueden ser directas (alcance 1); como el consumo de combustibles, consumo combustible en la logística, fuga de gases en equipos de refrigeración y climatización, o pueden ser indirectas (alcance 2); como consumo eléctrico de la organización. (Ihobe, 2012). También existen otras emisiones indirectas clasificadas como tercer alcance las cuales se consideran con menos frecuencia, como; consumos externos por viajes de trabajo, servicios subcontratados de gestión de desechos, compra de productos o servicios. (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018). En donde las actividades del sector industrial contribuyen con toneladas de CO_2 liberadas a la atmósfera. (Nuñez- Monroy, 2012), (Chacón Páez et al., 2016) y (Sevilleja Aceituno & Soto Martos, 2021).

Los consumos de energía eléctrica y consumo de combustibles u otras fuentes de energía productiva en las industrias representan costos significativos, por lo que mantener la eficiencia energética regular y llevar un control de sus emisiones de GEI es ventajoso. (Useros, 2013). Varios países han tenido la iniciativa de controlar y mitigar sus emisiones de efecto Invernadero mediante estimaciones a partir de sus consumos anuales. (Castro et al., 2020). Dichos modelos de sostenibilidad se replican con el fin de mejorar la gestión de las fuentes principales de consumo. (Sepúlveda & Andrés, 2017) y (Penela et al., 2009).

Se hace referencia al desarrollo sostenible (Carballo Penela, 2010) cuando se equilibra mediante acciones preventivas medioambientales (Buriticá Rincón, 2012), a la mitigación de impactos negativos y adversos al ecosistema con el desarrollo y crecimiento socioeconómico que nos rodea de forma sostenible en el tiempo. (Gutierrez et al., 2019) y (QUILLUPANGUI & ARROYO, 2021). Debido a la indiferente respuesta humana ante aquellos efectos adversos generados por el crecimiento urbano, se han ido creando diversos entes de control y regulaciones en todo el mundo (Nuñez- Monroy, 2012) para mitigar todas las actividades que realizamos de manera industrial, comercial, incluso doméstica. (Zarei et al., 2018) y (Jarrin, 2018). En algunos países de Latinoamérica incluyendo a Ecuador, en ciudades como Quito y Cuenca desde hace unos años se sumaron a la iniciativa de calcular su huella de Carbono, ya que considera como el punto de partida referencia para tomar decisiones acordes a la actividad que se desempeña. (Vilches et al., 2015).

La Industria metalmecánica, se clasifica como aquellas empresas que utilizan como materia prima dentro de sus procesos de transformación el metal, cualquiera sea su forma y proceso productivo. Para el presente trabajo se incluye en esta clasificación las industrias básicas. (Buriticá Rincón, 2012). Las empresas metalmecánicas realizan diversos procesos para la fabricación de sus productos, como corte, doblado, soldadura y pintura, también procesos complementarios como armado, uso de químicos, gases, solventes, maquinarias y herramientas, flota vehicular, consumo energético, calefacción, entre otros. (Castro et al., 2020) y (Doménech & Arenales, 2008). Por lo que tomar medidas a favor de la reducción de Huella de Carbono (GIECC, 2005) (Chacón Páez et al., 2016) no solo mejora la imagen corporativa (Li et al., 2019) (Penela et al., 2009) sino también representa ahorros para la empresa. (Ihobe, 2012) (Nuñez- Monroy, 2012) contribuyendo a una adecuada gestión frente a este problema mundial (Carballo Penela, 2010), (Doménech & Arenales, 2008) y (International Energy Agency, 2016).

Se ha mencionado anteriormente que la eficiencia energética tiene un impacto económico en la sociedad, pero también tiene un impacto ambiental, por lo que la estimación de la huella de carbono queda implícita en la eficiencia energética funcionando como un indicador ambiental, además de otras razones de factores eficiencia de interés como son el humano, económico y social. (Sepúlveda & Andrés, 2017) y (Sevilleja Aceituno & Soto Martos, 2021).

La presente investigación tiene como objetivo principal estimar la eficiencia energética y huella de carbono de dos empresas metalmecánicas de Manabí (Artesanal e Industrial). Para ellos se pretende; i) Identificar las fuentes de emisión, ii) Estimar la eficiencia energética y huella de carbono de cada fuente y iii) Comparar las eficiencias entre empresas y las emisiones en dos años (2019-2020).

Materiales y Métodos

Se establecen las siguientes hipótesis nulas para establecer la relación de las variables, las cuales son supuestas pero probables y se responden al finalizar la investigación.

- **Hipótesis:** La eficiencia energética demuestra relación lineal con el tamaño de la empresa.
- **Hipótesis nula H_0 :** La eficiencia energética es inversamente proporcional a sus emisiones independientemente al tamaño de la empresa.
- **Hipótesis alternativa H_1 :** La eficiencia energética depende del tamaño de la empresa y de sus emisiones.

Área de estudio

Los datos de la investigación se obtuvieron mediante información recopilada de los procesos, actividades y consumos de las empresas, se recopiló de fuente directa mediante facturas, estados de cuentas, balances contables, base de datos en general y declaraciones de consumos (Eléctrico, diésel, gasolina y (GLP) Gas Licuado de Petróleo). Debido a las actividades de las empresas se identificó y estimó únicamente las emisiones de CO_2_{Eq} de los alcances 1 y 2 de la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de actividades, personal y maquinaria de las empresas

Identificación	Tamaño	# de personal	Cantón	Operaciones	Alcances
Empresa 1	Industria	> 100	Montecristi	Administrativo: Trabajo de oficina y ventas.	Alcance 1: Consumo de combustible
Coordenadas UTM (X: 533846,4; Y: 9894837,5)	1	110	i	Operativo: Corte, Doblado, Soldadura, Pulido, Pintura, Ensamble, Despachos, Impresiones en gigantografías y señalética.	Diésel, Gasolina, GLP. Alcance 2: Energía eléctrica Maquinaria, herramientas, aire acondicionado Equipos tecnológicos
Empresa 2	Artesana	< 10	Jaramijó	Administrativo: Atención y facturación.	Alcance 1: Consumo de combustible
Coordenadas UTM (X: 516948,6; Y: 9894485,6)	1	5		Operativo: Corte, Doblado, Soldadura, Pulido, Pintura, Despachos. Capacitaciones, recarga de extintores, diseño, impresión de señalética.	Diésel, Gasolina, GLP. Alcance 2: Energía eléctrica Maquinaria, herramientas, aire acondicionado.

Fuente: Información de las empresas

Diseño experimental

Los datos descriptivos se expresaron como media para variables continuas utilizando pruebas t de grupos independientes para comparar las medias para datos con distribución normal, y utilizando medianas y la prueba de U-Mann-Whitney para datos con distribución no normal, para lo cual se realizó pruebas de normalidad, homogeneidad y linealidad mediante Shapiro Wilks, correlaciones y regresiones. Donde se determinó normalidad en los datos de las variables correspondientes a las

líneas base de consumos, Huella de carbono total y costos de producción. Siendo los consumos, costos, Huella de carbono individuales (Eléctrica, diésel, gasolina y GLP), eficiencias y ventas datos no normales. Las pruebas fueron bilaterales con un valor de significancia de α inferior a 0,05 en donde un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo. Se utilizó el software Infostat para todos los análisis e ilustraciones. Se estimó la línea base de Huella de Carbono de manera independiente a las dos empresas, las cuales son de distintos tamaños (Industrial y Artesanal) mediante los consumos recopilados por las empresas. Todos los valores se muestran en Kg de CO₂ eq. La eficiencia energética se estableció mediante el promedio de cada consumo con su correspondiente línea base establecidas con proyecciones mediante regresión lineal, todos los valores de eficiencia están en porcentajes (%). Para las estimaciones se usaron herramientas de cálculo diseñadas por el departamento de energía de Estados Unidos como es el aplicativo para excel Energy Performance Indicator Tool el cual se puede exportar a Energy Footprint Tool y a su vez gestionar a través de la plataforma digital gratuita ISO 50001ready para futuras investigaciones. Estas herramientas contienen las directrices e inventario de GEI para realizar los cálculos de las emisiones.

Estimación de la huella de carbono

La guía aplicada es Greenhouse Gas Protocol-GHG, y la aplicación posterior al levantamiento de información de las empresas en estudio, el cual consiste en el cálculo de inventario mediante factores de emisión que se obtuvieron del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) e inventarios nacionales. Como se describe en la Tabla 2. La fórmula a utilizar para el cálculo de emisiones será la ecuación 1 y en la tabla 3. Se muestra en resumen los valores anuales de huella de carbono en cada empresa.

$$\text{Emisión GEI} = \text{Valor del consumo} \times \text{Factor de Emisión}$$

Ecuación 1. Fórmula de emisión GEI

Tabla 2. Factor de emisión

Emisión GEI	Factor de Emisión
Diesel	0,2676 CO ₂ /lt
Gasolina	0,2241 CO ₂ /lt
GLP	0,1642 CO ₂ /lt

Consumo Eléctrico 0,2434 CO₂/ Kwh

Fuente: IPCC: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sroc_spmts_sp.pdf

Tabla 3. Huella de Carbono anual

Empresa	Artesanal			Industrial			
	Año	2019	2020	Δ%	2019	2020	Δ%
Diesel				-			50
		1536,01	750,40	51	3691,20	5529,21(4	%
		(45%)	(36%)	%	(2%)	%)	
Gasolina				-			-
				23	8,07		61
		29,13 (1%)	22,41 (1%)	%	(0%)	3,14 (0%)	%
GLP				-			-
		1217,89	612,65	50	5890,54	4686,61(4	20
		(35%)	(29%)	%	(3%)	%)	%
Energía Eléctrica				11			-
		645,64	714,14	%	213605,5	113138,95	47
		(19%)	(34%)		9 (95%)	(92%)	%
Total Kilogramos de				-			-
CO₂ Eq				39	223195,4		45
		3428,67	2099,59	%	0	123357,91	%

Fuente: Cálculo del Protocolo GHG

Estimación de la eficiencia energética (Análisis de Ciclo de Vida ACV)

La estimación de la eficiencia energética aplicada será mediante Indicadores de eficiencia energéticos a partir de las variables desarrollados en las investigaciones y guías de índices según (International Energy Agency, 2016), (Sevilleja Aceituno & Soto Martos, 2021), (Budia, 2009) y (Sevilleja Aceituno & Soto Martos, 2011).

En la tabla 4. Se muestran las variables e indicadores según los beneficios a las empresas mediante el uso de datos oficiales de las mismas.

Tabla 4. Base de construcción de los Indicadores de eficiencia energética

Requerimiento	Indicador
<i>Consumo y línea base de consumos Eléctrico (Kwh); Combustibles (litro)</i>	Ahorro energético; Desarrollo tecnológico; Responsabilidad social corporativa
<i>Huella de Carbono (Kg de CO₂ eq)</i>	Reducción de las emisiones; Cuidado al medio ambiente
<i>Costos de los consumos (\$)</i>	Disminución del recibo de luz; Ahorro energético y económico

Fuente: Análisis de ciclo de Vida (ACV)

Resultados del análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa de paquete estadístico Infostat, en concordancia con el diseño planteado se analizaron 24 datos en cada empresa correspondiente a dos años en cada una. También se analizó individualmente cada empresa para todas las variables comparando periodos (2019-2020) por ser datos absolutos. Únicamente se comparó entre tipo de empresa (Artesanal-Industrial) las variables de eficiencia por ser datos relativos (%).

En ambas empresas se determinó mediante regresión lineal que la eficiencia eléctrica y la eficiencia de consumo de combustibles están directamente relacionada con su generación de emisiones (huella de carbono).

Correlación

En la tabla 5. Se muestran los resultados del análisis correlacional entre las variables donde se observa que existe relación entre consumos, costos y emisiones, siendo distintos en cada empresa. No se observa una relación directa de la eficiencia con su costo y consumo. En ambas empresas existe relación entre el costo total de sus consumos y la generación total de huella de carbono. En la empresa artesanal existe relación entre el costo total y costo de producción y el costo de producción con las ventas. En las figuras 1, 2 y 3 se representan las correlaciones de las variables por empresa.

Tabla 5. Análisis estadístico - Correlaciones

Variables	Artesanal	Industrial
Energía Eléctrica	<i>Consumo</i> – <i>Costo</i> p<0,05 (0,0001)	<i>Consumo</i> – <i>Costo</i> p<0,05 (0,0001)
	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05 (0,0001)	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05 (0,0001)
	<i>Costo</i> – <i>HC</i> p<0,05 (0,0001)	<i>Costo</i> – <i>HC</i> p<0,05 (0,0001)
Combustibles (Diésel, Gasolina y GLP)	<i>Consumo</i> – <i>Costo</i> p<0,05	<i>Consumo</i> – <i>Costo</i> p<0,05
	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05
	<i>Costo</i> – <i>HC</i> p<0,05	<i>Costo</i> – <i>HC</i> p<0,05
	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05	<i>Consumo</i> – <i>HC</i> p<0,05
	<i>Costo</i> – <i>eficiencia</i> p<0,05	<i>Costo</i> – <i>eficiencia</i> p<0,05
<i>HC</i> – <i>eficiencia</i> p<0,05	<i>HC</i> – <i>eficiencia</i> p<0,05	
Costo Total de los consumos-Costo de producción	p<0,05 (0,0084); R: 0,55	p>0,05 (0,2646); R: -0,25
HC Total – Costo Total (CT)	p<0,05 (0,0001); R: 0,93	p<0,05 (0,0001); R: 0,80
Costo de producción - Ventas	p<0,05 (0,0030); R: 0,62	p>0,05 (0,6981); R: -0,08

Fuente: Análisis estadístico InfoStat

Figura 1. Consumos de los combustibles con la Huella de carbono

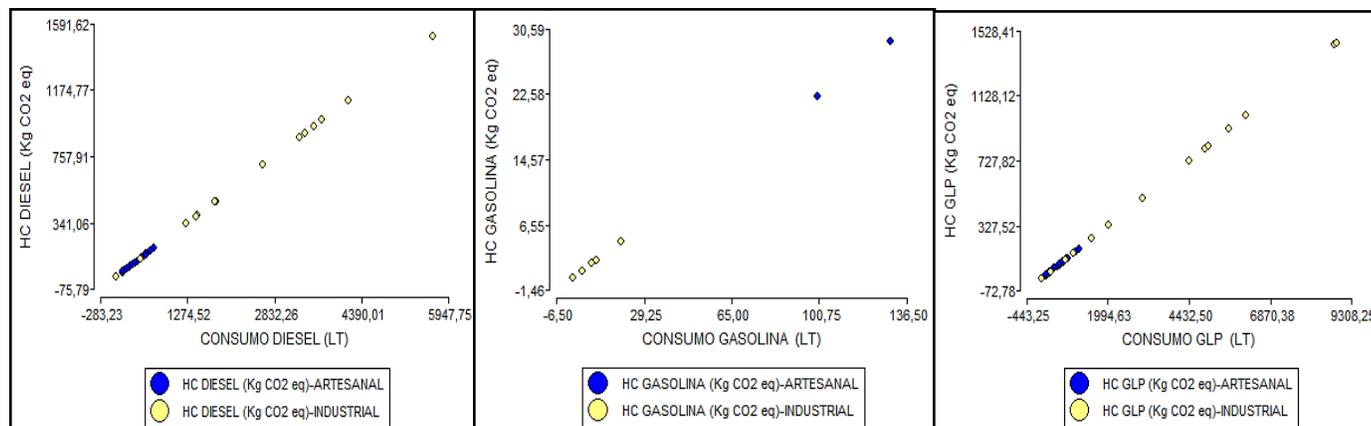


Figura 2. Consumo eléctrico - HC

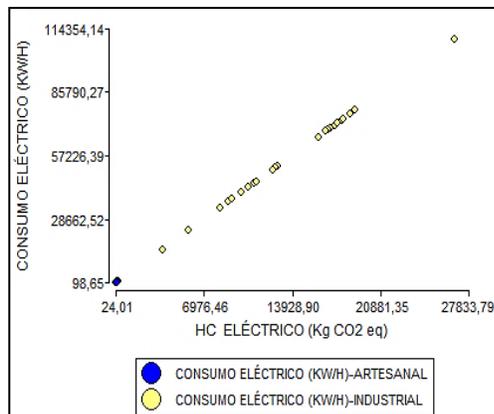
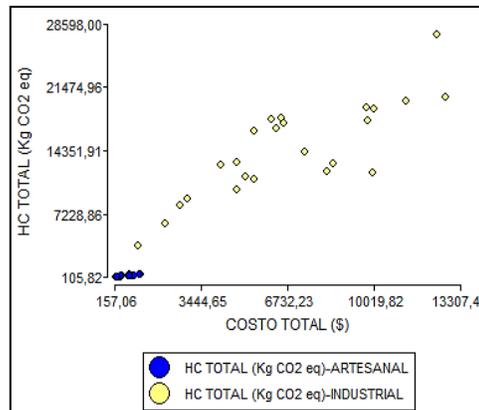


Figura 3. Costo Total – HC total



U Mann Whitney (2019-2020)

En la tabla 6. Se muestran los resultados de la comparación de las variables con distribución no normal de cada empresa entre periodos (2019-2020), se identificó que en la variable de energía eléctrica existe diferencia significativa en la empresa industrial ($p < 0,05$), existiendo una reducción de consumo y al ser linealmente dependientes por los tanto también disminuyeron los costos y emisiones como se muestra en la Figura 4.

Tabla 6. U Mann Whitney por comparación de periodos (2019-2020)

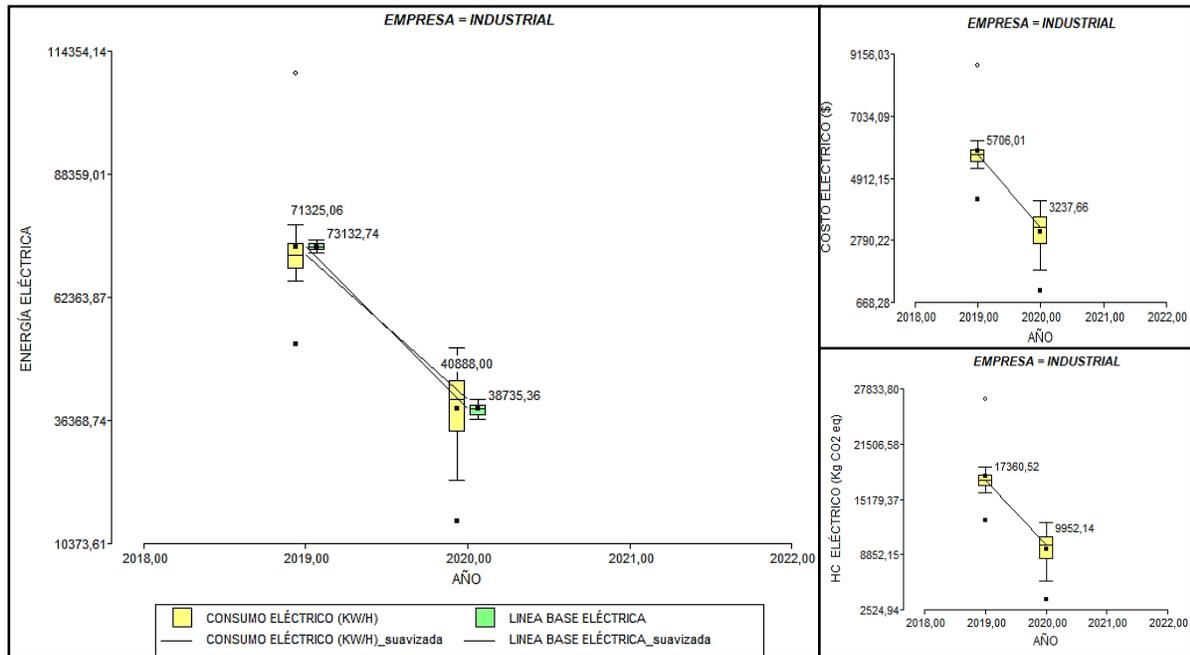
Variables	Artesanal (2019 -2020)	Industrial (2019 -2020)
Energía Eléctrica (Kwh)	Mediana Consumo (183,29-201,50)	Mediana Consumo (71325,1-40888)
	W (154,50); $p > 0,05$ (0,7948)	W (222); $p < 0,05$ (0,0001)
	Mediana Costo (41,31-34,39)	Mediana Costo (5706,01-3237,67)
	W (151); $p > 0,05$ (0,9540)	
	Mediana HC (44,61-49,05)	W (222); $p < 0,05$ (0,0001)
	W (154); $p > 0,05$ (0,7948)	Mediana HC (17360,52-9952,14)
	Mediana Eficiencia (0,79-0,92)	W (222); $p < 0,05$ (0,0001)
	W (136); $p > 0,05$ (0,4189)	

		<i>Mediana Eficiencia</i> (0,99-1,10) W (135); p>0,05 (0,3865)
Diésel (Litros)	<i>Mediana Consumo</i> (485,84-208,00) W (208); p<0,05 (0,0008)	<i>Mediana Consumo</i> (0,00-1596,03) W (126); p>0,05 (0,1451)
	<i>Mediana Costo</i> (257,06-108,63) W (208); p<0,05 (0,0008)	<i>Mediana Costo</i> (0,00-440,57) W (125); p>0,05 (0,1291)
	<i>Mediana HC</i> (130,01-54,94) W (208); p<0,05 (0,0008)	<i>Mediana HC</i> (0,00-427,10) W (126); p>0,05 (0,1451)
	<i>Mediana Eficiencia</i> (1,00-0,93) W (160); p>0,05 (0,5637)	<i>Mediana Eficiencia</i> (0,00-0,85) W (115); p<0,05 (0,0336)
Gasolina (Litros)	<i>Mediana Consumo</i> (0,00-0,00) W (150); p>0,05 (0,9520)	<i>Mediana Consumo</i> (0,00-0,00) W (157); p>0,05 (0,5691)
	<i>Mediana Costo</i> (0,00-0,00) W (150); p>0,05 (0,9520)	<i>Mediana Costo</i> (0,00-0,00) W (157); p>0,05 (0,5691)
	<i>Mediana HC</i> (0,00-0,00) W (150); p>0,05 (0,9520)	<i>Mediana HC</i> (0,00-0,00) W (157); p>0,05 (0,5691)
	<i>Mediana Eficiencia</i> (0,00-0,00) W (150); p>0,05 (0,9999)	<i>Mediana Eficiencia</i> (0,00-0,00) W (154); p>0,05 (0,7450)
GLP (Litros)	<i>Mediana Consumo</i> (555,16-252,14) W (197); p>0,05 (0,0067)	<i>Mediana Consumo</i> (2694,80-1750) W (161); p>0,05 (0,5200)
	<i>Mediana Costo</i> (427,48-194,15) W (197); p>0,05 (0,0067)	<i>Mediana Costo</i> (2117,32-1224,06) W (161); p>0,05 (0,5200)
	<i>Mediana HC</i> (91,16-41,40)	<i>Mediana HC</i> (442,49-287,35)

	W (197); $p > 0,05$ (0,0067)	W (161); $p > 0,05$ (0,5200)
	Mediana Eficiencia (0,97-1,02)	Mediana Eficiencia (0,99-0,54)
	W (143); $p > 0,05$ (0,6861)	W (161); $p > 0,05$ (0,5202)
Costo Total (\$)	Mediana (770,76-352,62)	Mediana (8143,49-4967,57)
	W (210); $p < 0,05$ (0,0005)	W (191); $p < 0,05$ (0,0179)
Ventas (\$)	Mediana (7023,21-4562,19)	Mediana (191019,72-146725,27)
	W (197); $p < 0,05$ (0,0067)	W (185); $p < 0,05$ (0,0433)
Eficiencia %	Mediana (0,78-0,68)	Mediana (0,77-0,79)
	W (159); $p > 0,05$ (0,6033)	W (141); $p > 0,05$ (0,6033)

Fuente: Análisis estadístico InfoStat

Figura 4. Energía eléctrica (Consumo, costo y HC)



En la variable de combustible diésel se evidencia diferencia significativa en la empresa artesanal ($p < 0,05$), existiendo una reducción de consumo y al ser linealmente dependientes por ende también disminuyeron los costos y emisiones como se muestra en la Figura 5. De la misma manera con el combustible GLP en la Figura 6. Consumo, costos y Huella de Carbono mostros diferencias

significativas. En la variable de combustible de gasolina no existen diferencias significativas en ninguna de las dos empresas en los periodos de análisis.

Figura 5. Diésel (Consumo, costo y HC)

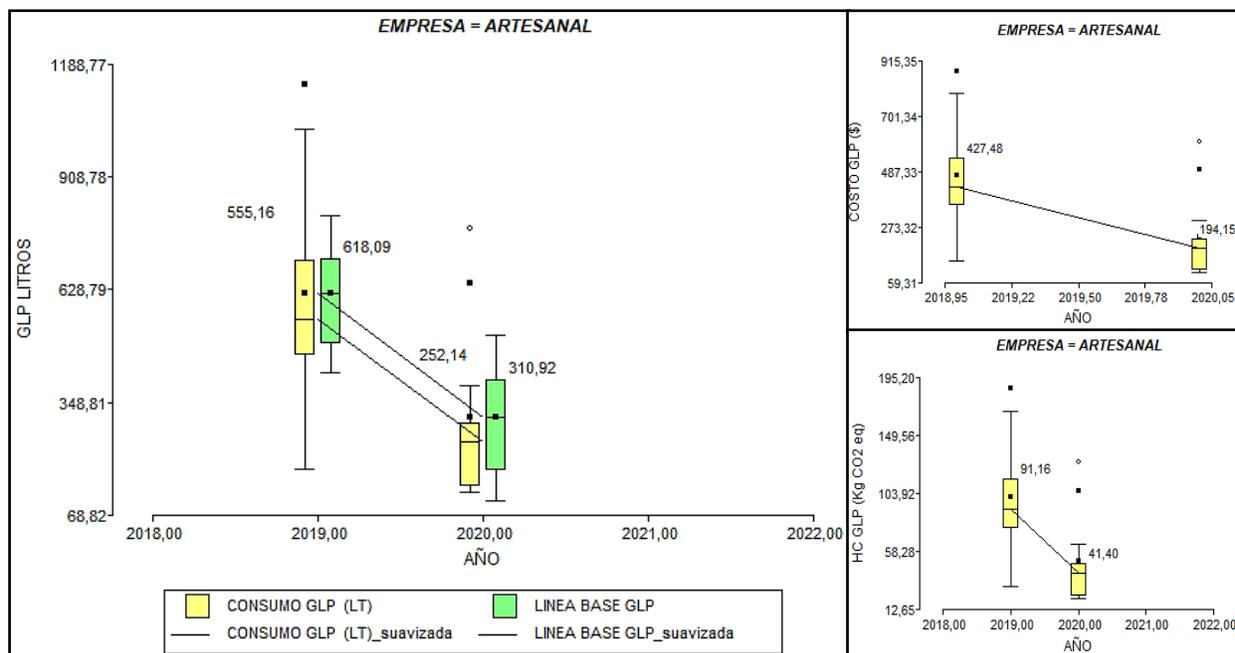
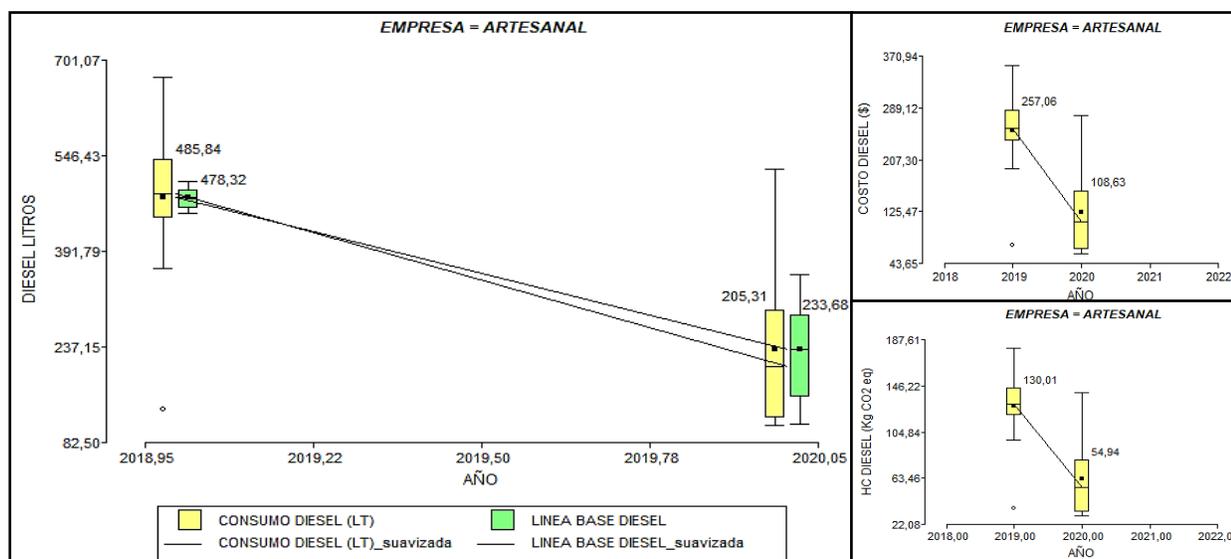


Figura 6. GLP (Consumo, costo y HC)



En los costos totales y en ventas se evidencian diferencias significativas en ambas empresas entre ($p < 0,05$). Para ambas empresas en el 2019 los costos medios se encuentran por encima de la mediana como se observa en la Figura 7. Y la media de las ventas para la empresa industrial se observan por debajo de la mediana en ambos años a diferencia de la artesanal cuyas ventas superaron ligeramente la media en ambos años, Figura 8.

Figura 8. Ventas 2019-2020

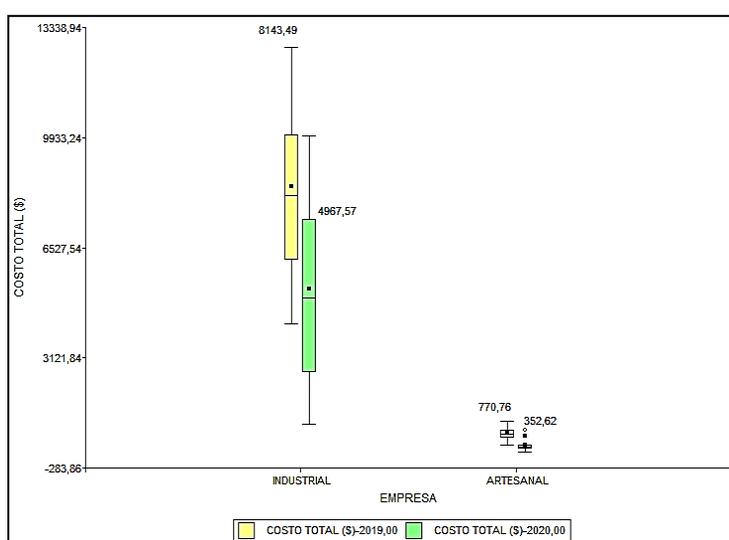
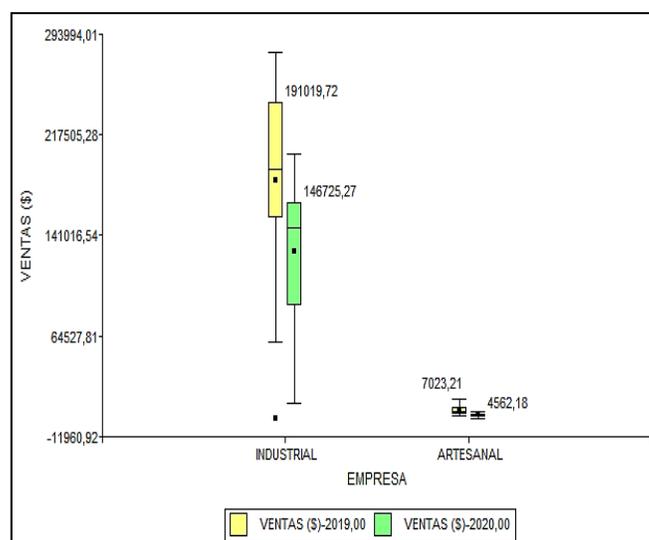


Figura 7. Costo Total 2019-2020



T Student (2019-2020)

En la tabla 7. Se establecen las comparaciones de las variables con distribución normal de cada empresa por periodo (2019-2020). Las líneas base de los consumos en energía eléctrica se muestran en la Figura 9, y en combustibles en la Figura 10, se observa la disminución en los periodos del 2019 al 2020, resultando valores $p < 0,05$ existiendo diferencias significativas en las medias de ambas empresas en los dos años.

Tabla 7. T Student por comparación de periodos (2019-2020)

Variables	Artesanal (2019 -2020)	Industrial (2019 -2020)
-----------	------------------------	-------------------------

Línea Base Energía Eléctrica (Kwh)	Media (237,36-244,50) T (-0,24); p>0,05 (0,8150)	Media (73132,74-38735,36) T (70,62); p<0,05 (0,0001)
Línea Base Diésel (Litros)	Media (478,33-233,69) T (10,46); p<0,05 (0,0001)	Media (1149,41-1721,85) T (-1,47); p>0,05 (0,1694)
Línea Base Gasolina (Litros)	Media (10,83-8,33) T (0,38); p>0,05 (0,7073)	Media (3,00-1,17) Litros T (1,34); p>0,05 (0,2014)
Línea Base GLP (Litros)	Media (618,10-310,93) Litros T (5,71); p<0,05 (0,0001)	Media (2989,54-2378,52) T (0,93); p>0,05 (0,3641)
Huella de Carbono (Kg CO₂)	Media (289,69-174,97) T (5,72); p<0,05 (0,0001)	Media (18599,62-10279,83) T (6,28); p<0,05 (0,0001)
Costo de Producción (\$)	Media (7711,62-3853,06) T (3,30); p<0,05 (0,0042)	Media (19021,28-62260,64) T (-4,81); p<0,05 (0,0003)

Fuente: Análisis estadístico InfoStat

Figura 9. Línea Base - Energía eléctrica

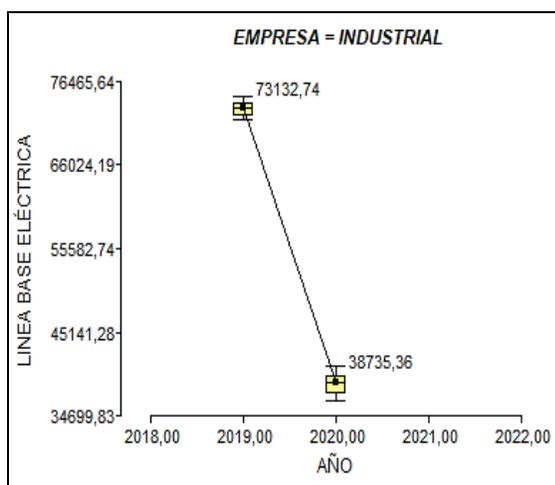
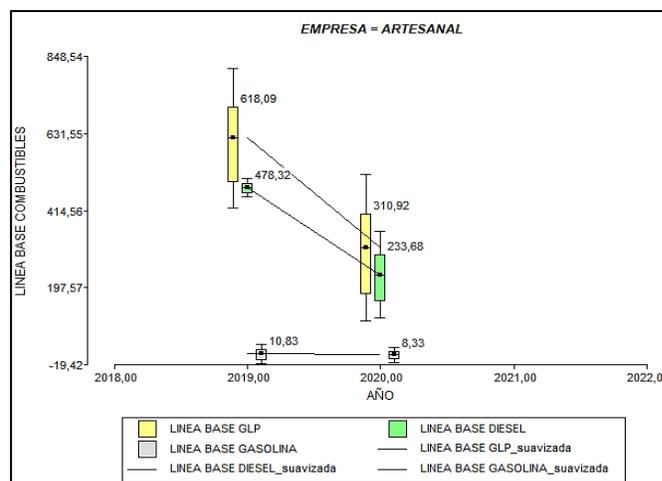


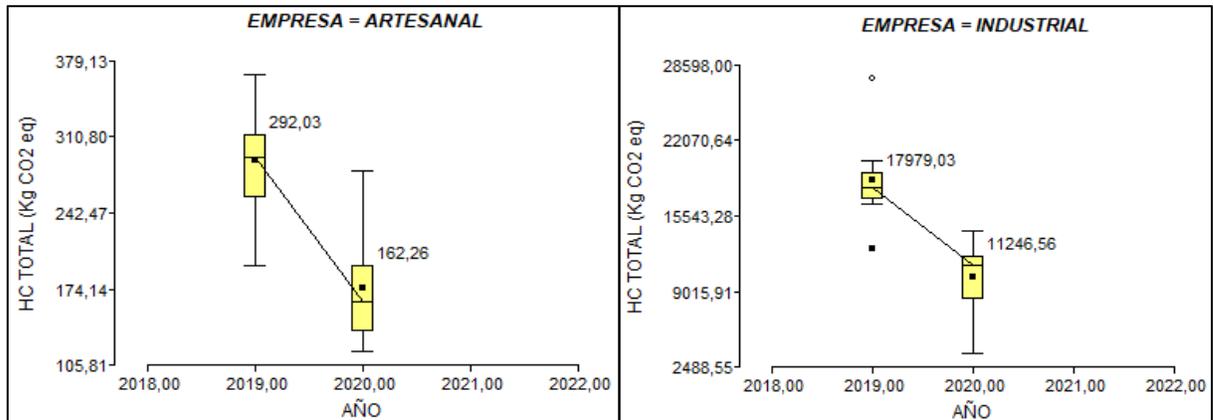
Figura 10. Línea base- combustibles



En la Figura 11. Se observa la huella de carbono total en las empresas, al igual que las demás variables también se observa una reducción de los años 2019 al 2020, con valores p<0,05 existiendo diferencias significativas. En la empresa Artesanal en el 2019 se observa la media de los datos de la HC total por debajo de la mediana, mientras que en el 2020 se encuentra por encima.

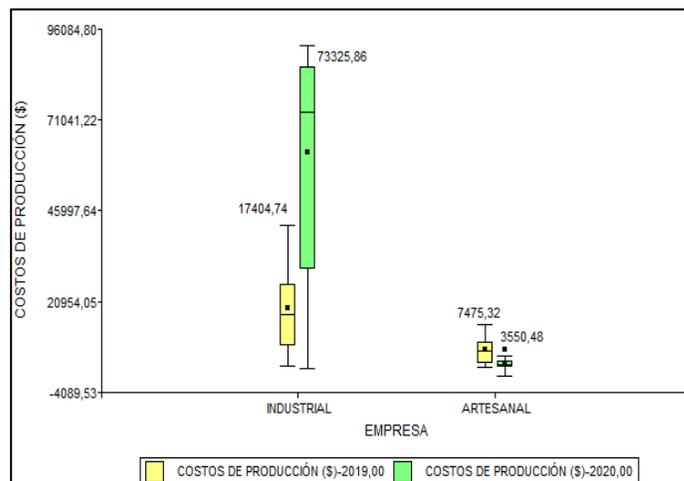
En la empresa Industrial en el 2019 se observa la media de los datos de la HC total por encima de la mediana, mientras que en el 2020 se encuentra por debajo, adicional en el año 2020 en ambas empresas se observa mayor variación en los datos.

Figura 11. Huella de Carbono – Empresas



En la Figura 12. Se muestra el costo de producción de las empresas en ambos periodos. Se puede observar que en la empresa industrial los costos de producción se incrementaron, en el 2019 la media se encuentra encima de la mediana y en el 2020 por debajo con mayor variación existiendo diferencias significativas con valores $p < 0,05$. En la empresa artesanal al contrario se ve una disminución en los costos de producción.

Figura 12. Costos de producción



U Mann Whitney (Industrial – Artesanal)

En la tabla 8. Está organizada con los resultados de comparar las eficiencias entre empresas. No se evidenció diferencia significativa, únicamente en la eficiencia relacionada al consumo de combustible diésel, donde la empresa Industrial muestra una gestión inferior a la artesanal en relación a ese combustible. En general la eficiencia en ambas empresas se estima se aproxima al 77%, por lo cual no existe diferencia significativa en sus gestiones de consumos.

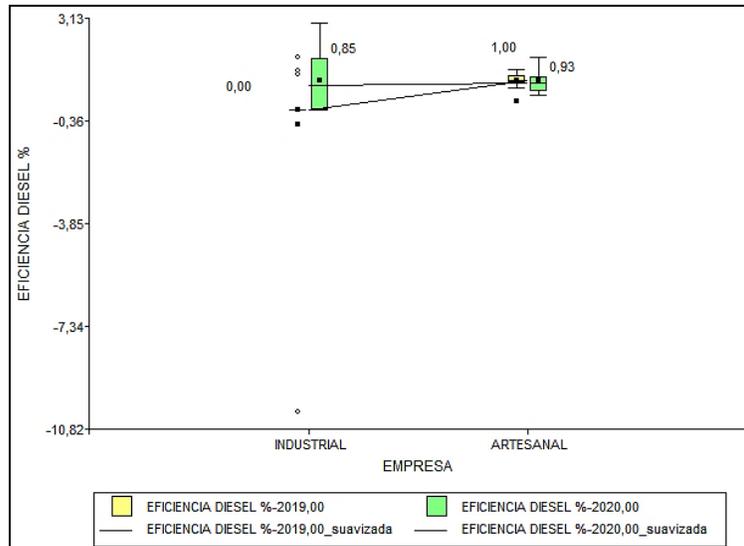
Tabla 8. U Mann Whitney - Comparación de empresas (Artesanal - Industrial)

Variables	Artesanal - Industrial
Eficiencia Eléctrica (%)	<i>Mediana</i> (0,81-0,99) W (519); $p > 0,05$ (0,1548)
Eficiencia Diésel (%)	<i>Mediana</i> (0,99-0,14) W (692); $p < 0,05$ (0,0310)
Eficiencia Gasolina (%)	<i>Mediana</i> (0,00-0,00) W (557); $p > 0,05$ (0,2977)
Eficiencia GLP (%)	<i>Mediana</i> (0,98-0,93) W (608); $p > 0,05$ (0,6796)
Eficiencia Energética Total (%)	<i>Mediana</i> (0,77-0,77) W (609); $p > 0,05$ (0,6650)

Fuente: Análisis estadístico InfoStat

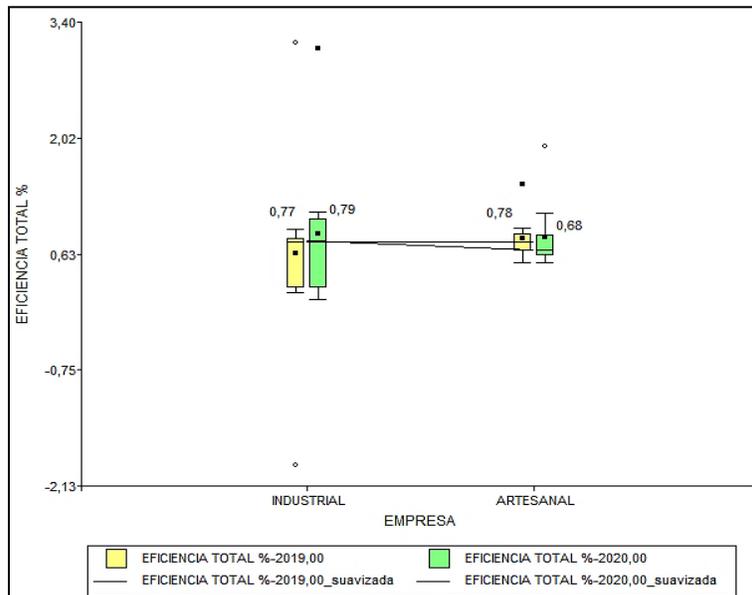
Las eficiencias energéticas de energía eléctrica, Gasolina y GLP mostraron valores $p > 0,05$ en ambas empresas. Sin embargo, en el combustible diésel se determinaron valores $p < 0,05$ con diferencias significativas entre 2019 y 2020. En la empresa industrial en el año 2019 se observa una eficiencia muy baja, mejorando a 85% en el periodo 2020. En la empresa artesanal se observa una reducción de eficiencia entre el 2019 y 2020 de 100% a 93%, ambas empresas muestran sus medias por encima de la mediana. Figura 13.

Figura 13. Eficiencia energética empresas - Consumos Diesel



En la Figura 14. Se compara la eficiencia total de ambas empresas. En la Industrial existe una ligera mejora del 2019 al 2020 con eficiencias de 77% a 79% respectivamente, en el año 2019 se observa la media por debajo de la mediana. En la empresa artesanal se muestra una reducción de la eficiencia del 2019 al 2020 con 78% a 68% respectivamente. Sin embargo, en la comparación estadística no se muestran diferencias significativas entre la eficiencia total de la empresa artesanal con la Industrial.

Figura 14. Eficiencia energética Total- Empresas



Discusión

En la presente investigación al analizar las variables involucradas se evidencia la dependencia y relación que tienen los recursos y su gestión en los sectores metalmecánicos, de la misma manera un estudio realizado por (Buriticá Rincón, 2012) en Colombia. Se logró evidenciar que el recurso que más se consume en el subsector metalmecánica es el recurso energético, de allí la importancia y el énfasis en hacer buen uso de este. Aprovechando al máximo las materias primas e insumos para obtener el producto adecuado y disminuir la emisión de residuos contaminantes al medio ambiente.

En la investigación se utilizaron indicadores energéticos productivos para establecer diferencias entre los periodos del estudio, estableciendo razones de eficiencia a partir de sus consumos, costos, emisiones, ventas y costos de producción en forma de datos mensuales. En otras investigaciones como la de (Salazar et al., 2018) se han utilizado datos suministrados de horas de trabajo, se realiza una estimación del consumo mensual para determinar el impacto de los procesos en la facturación de electricidad; el análisis se restringe al cálculo de índices de consumo (Ton/kwh) con lo que se puede priorizar el uso de los equipos más eficientes sobre otros que realicen las mismas funciones. Indica (Sevilleja Aceituno & Soto Martos, 2011) que para permitir una comparación significativa de la eficiencia energética entre países, es necesario que estos indicadores se basen en definiciones comunes; en particular, es necesario que la definición de consumo energético sea la misma para todos los países. Es por esto que se han desarrollado metodologías para la recopilación y análisis de los datos, entre las diferentes agencias nacionales de cada país. De igual manera para establecer comparaciones entre las empresas, se estimaron los indicadores energéticos de acuerdo a los consumos de las empresas para de esta manera crear la misma base comparativa que se requiere para poder comparar.

A demás se hizo uso de las herramientas de cálculo de emisiones ya existentes como son, Energy Performance Indicator Tool y Energy Footprint Tool para cálculo de emisiones. Otras investigaciones como la realizada por (Vilches et al., 2015) en una Universidad, hicieron uso de un simulador como herramienta de cálculo (Sima Pro) donde pudieron verificar que no existían diferencias de medias entre el cálculo realizado con su inventario y el resultado del Simulador, cabe recalcar que la actividad es educativa por lo tanto los consumos son menos variables que en las empresas productivas. También obviaron el análisis específico por grupos de mayor consumo, pudiendo ser está una diferencia no detectada, en donde entre los resultados obtenidos esta que el

consumo de combustibles líquidos, como diésel y gasolina no generan un impacto considerable, al igual que en la presente investigación, al ser comparadas con las emisiones generadas por consumo de energía eléctrica, además se excluyó el refrigerante en las emisiones de CO₂ por ser mínima su generación en comparación con los demás consumos energéticos.

De igual manera (Torres Ramos et al., 2017) realizó una investigación en tres partes: el cálculo de la huella de carbono del colegio, siguiendo la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero; la medición de la huella de carbono en la población de estudio, a través de la calculadora de emisiones de Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, y la aplicación de una prueba de conocimiento, actitudes y prácticas donde determinó que el análisis de correlación mostró que existe una correlación negativa de -0.228 entre la huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de la población, es decir, cuando aumenta una, la otra empieza a disminuir. En la presente investigación se realizaron pruebas correlacionales para identificar la relación entre variables en donde se mostró la existencia de relación positiva entre consumo, costo y emisiones, es decir que varían proporcionalmente, a diferencia de las emisiones con la eficiencia cuya relación varían de manera inversa.

Ante lo mencionado se puede decir que estadísticamente la hipótesis nula se acepta debido a que en los resultados obtenidos no se demuestra diferencia significativa entre las eficiencias (Eléctrico, gasolina ni GLP) entre un año y otro, tampoco entre empresas, de igual manera la eficiencia energética total entre la empresa artesanal y la Industrial muestra valores de medias $p > 0,05$, por lo tanto, la eficiencia no representa una relación proporcional con el tamaño de la empresa, pero si con la gestión interna de sus recursos y consumos, es decir que al reducir los consumos, los costos y emisiones disminuyen lo que ocasiona una mejora de la eficiencia. Sin embargo, en la eficiencia del combustible diésel se determina diferencia significativa entre empresas y entre años, debido a que en los resultados obtenidos no se muestra similitud en los consumos, costos y huella de carbono entre el año 2019 y 2020 para cada tipo de empresa de manera individual mostrando valores de medias $p < 0,05$, por lo tanto, se validan las dependencias y relación de los consumos con los costos y emisiones CO₂ Eq afectando a la eficiencia independientemente al tamaño de la empresa.

Según (Correa Álvarez et al., 2016) indica en su investigación que las normativas sobre las energías renovables en el Ecuador establecen los requisitos básicos y las condiciones preferentes para la producción de este tipo de energías no convencionales en el sector eléctrico ecuatoriano. El estado ecuatoriano promueve en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias

y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto y la eficiencia energética a todo nivel a través de sus normativas jurídicas (Ley orgánica de eficiencia energética, Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, Constitución Ecuatoriana, entre otros) por lo tanto se sugiere plantear mejoras los factores identificados para poder determinar específicamente la causa de reducciones de emisiones o costos en los procesos, así como (Budía, 2009) recomienda en su investigación, realizar un modelo de auditoría energética en donde se debe formar parte de los programas o planes de eficiencia energética de una empresa, los cuales deben comprender aquellas actuaciones encaminadas a lograr la máxima eficiencia en el consumo de energía, los máximos ahorros y el conocimiento del comportamiento energético de sus instalaciones.

Conclusiones

Posterior a la identificación de las fuentes emisoras de CO₂ eq en ambas empresas, se determina que la energía eléctrica corresponde al 95% de generación en la empresa Industrial con una reducción del 47%, 2019: 213605,5886 y en el 2020: 113138,95 kg CO₂ eq, en cambio en la empresa artesanal el 45% corresponde al Diésel el cual generó mayores emisiones, con una reducción del 51% 2019: 1536,01 y en el 2020: 750,4020 kg CO₂ eq. En total la empresa Industrial se generó un total de 223195,40 kg CO₂ en el año 2019 con una eficiencia de 77%, y 123357,91 kg CO₂ en el 2020 representando una reducción de emisiones del 45% con una eficiencia de 79%. En la empresa artesanal se generó un total de 3428,67 kg CO₂ en el año 2019 con una eficiencia de 78%, y 2099,59 kg CO₂ en el 2020 representando una reducción de emisiones del 39% con una eficiencia de 68%. La pandemia Covid19 ocasionó la paralización y/o redujo las actividades por lo tanto se explica la reducción en todos los consumos en el año 2020, lo que ocasiono una mejora en la eficiencia energética de ambas empresas en relación a la reducción de los consumos, costos y emisiones, la eficiencia media en ambas empresas es de 77% por lo que se establece que no existe relación de la eficiencia con el tamaño de la misma, sin embargo las diferencias encontradas en cuando al consumo de energía eléctrica en la empresa Industrial y el consumo de combustible diésel en la artesanal, dejan indicio de un estudio con implementación de mejoras para acercarse a las causales de reducción específicas en ambas empresas marcando un antes y un después de las mejoras, de esta manera determinar reducción de costos y emisiones por procesos o áreas productivas. Se sugiere medir los logros y resultados mediante plataformas de seguimiento energético, de esta manera poder delegar actividades de un plan de mejora energética dentro de cada empresa, que

permita obtener más oportunidades competitivas y beneficios para la organización, como reducción de consumos, por ende, disminución de costos y emisiones CO₂ a la par de provocar una mejora de la eficiencia energética en los recursos consumibles identificados. Conociendo que presente estudio delimita una línea base para los años posteriores.

Referencias

1. Aristizábal Alzate, C. E., González Manosalva, J. L., & Gutiérrez Cano, J. C. (2020). Life cycle assessment and carbon footprint calculus for a pet bottles recycling process at medellin (ant). *Produccion y Limpia*, 15(1), 7–24. <https://doi.org/10.22507/PML.V15N1A1>
2. Budia, E. (2009). Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos, I, 38–130. <http://hdl.handle.net/10016/8175>
3. Buriticá Rincón, C. (2012). SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL PARA PYMES DEL SUBSECTOR DE METALMECÁNICA EN BOGOTÁ [Universidad Ean]. In reponame:Repositorio Institucional MINERVA. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/2626>
4. Carballo Penela, A. (2010). Utilidad de la huella ecológica y del carbono en el ámbito de la responsabilidad social corporativa (RSC) y el ecoetiquetado de bienes y servicios. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 3(8), 7. www.eumed.net/rev/delos/08
5. Castro, L., Ramirez-Polo, L. E., & Jimenez, Y. A. (2020). Estado del arte: sistema sostenible que disminuya el impacto de los gases efecto invernadero en los sectores industriales, de transporte y metalmecanicos. *Produccion Cientifica y Académica*, Universidad de La Costa, 15. [http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/6933/ESTADO DEL ARTE SISTEMA SOSTENIBLE QUE DISMINUYA EL IMPACTO DE LOS GASES EFECTO INVERNADERO EN LOS SECTORES INDUSTRIALES %281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/6933/ESTADO_DEL_ARTE_SISTEMA_SOSTENIBLE_QUE_DISMINUYA_EL_IMPACTO_DE_LOS_GASES_EFECTO_INVERNADERO_EN_LOS_SECTORES_INDUSTRIALES%281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
6. Cepal. (2012). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. 51.

7. Chacón Páez, I., Pinzón Vargas, A. C., Ortegón Cortázar, L., & Rojas Berrio, S. P. (2016). Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas prácticas ambientales en Colombia. In *Estudios Gerenciales* (Vol. 32, Issue 140, pp. 278–289). <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.08.004>
8. Correa Álvarez, P. F., González González, D., & Pacheco Alemán, J. G. (2016). ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE: SU REGULACIÓN JURÍDICA EN ECUADOR. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179–183. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300024&lng=es&nrm=iso&tlng=es
9. Doménech, J. L., & Arenales, M. G. (2008). La Huella Ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el Puerto de Gijón. *Observatorio Iberoamericano Del Desarrollo Local y La Economía Social*, 1, 21.
10. Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
11. GIECC, G. I. de E. sobre el C. C. y G. de E. T. y E. (2005). Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sroc_spmts_sp.pdf
12. Gutierrez, R. E., Guerra, K. B., Haro, C. P., & Echeverria, M. M. (2019). Mejora de la eficiencia energética en el proceso productivo de una empresa de tableros contrachapados. *Revista Espacios*, 40(28), 815–824.
13. Ihobe, S. P. de G. A. (2012). Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones. 14064-1:2006, 1(UNE-ISO), 106.
14. International Energy Agency. (2016). *Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos*. IEA Publications, 1–211. www.iea.org/books%0Ahttps://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IndicadoresdeEficienciaEnergética_FundamentosEstadísticos.pdf
15. Jarrin, C. (2018). ENERGÍA DEL EDIFICIO ISSFA APLICANDO LAS NORMAS ISO 50001 E ISO 14064-1 : PROPUESTA DE.

16. Li, X., Xiong, S., Li, Z., Zhou, M., & Li, H. (2019). Variation of global fossil-energy carbon footprints based on regional net primary productivity and the gravity model. *Journal of Cleaner Production*, 213, 225–241. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.044>
17. MINCULTURA. (2016). Informe Huella de Carbono 2016. 23.
18. Ministerio para la Transición Ecológica. (2018). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Gobierno de España, 52. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
19. Montero V, J. C., Díaz R, C. A., Guevara T, F. E., Cepeda R, A. H., & Barrera H, J. C. (2013). Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en Planta de Beneficio Producción. In *Boletín técnico No. 33 (Issue 33)*.
20. Nuñez- Monroy, J. (2012). Huella de Carbono : más allá de un instrumento de medición . Necesidad de conocer su impacto verdadero. *Actas IV Congreso Internacional ...*, 1–17. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4225724&orden=395504&info=link>
21. Páez, I. C., Pinzón Vargas, A. C., Cortázar, L. O., & Berrio, S. P. R. (2016). Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas prácticas ambientales en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 278–289. <https://doi.org/10.1016/J.ESTGER.2016.08.004>
22. Penela, A., García-Negro, M., & Quesada, J. (2009). El Mc3 Una Alternativa Metodológica Para Estimar La Huella Corporativa Del Carbono (Hcc). *Desarrollo Local Sostenible*, 5, 1–16.
23. QUILLUPANGUI, L. C., & ARROYO, F. R. (2021). Mejoramiento de la Eficiencia General del Equipo mediante la simulación de eventos discretos. Estudio de caso en la industria cosmética. *Espacios*, 42(14), 18–28. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n14p02>
24. Salazar, L., Guzman, V., & Bueno, A. (2018). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Ingenius*, 19, 40–50. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.04>
25. Sepúlveda, A., & Andrés, D. (2017). Levantamiento y estudio de eficiencia energética en línea de producción de vinos.

26. Sevilleja Aceituno, D., & Soto Martos, F. (2011). Eficiencia Energética En El Sector Industrial. 92. http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC_Diego_Sevilleja.pdf;jsessionid=F1B8AF45E8F848D991166382555597C4?sequence=1
27. Sevilleja Aceituno, D., & Soto Martos, F. (2021). Eficiencia Energética En El Sector Industrial. 92. http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC_Diego_Sevilleja.pdf;jsessionid=F1B8AF45E8F848D991166382555597C4?sequence=1
28. Torres Ramos, L. K., Carbo Bustinza, N., & López Gonzales, J. L. (2017). Huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de los estudiantes y personal del nivel secundario sobre emisiones de gases de efecto invernadero. *Apuntes Universitarios*, 7(2), 54–63. <https://doi.org/10.17162/au.v7i2.196>
29. Useros, J. (2013). El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales. *Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 50, 71–98. Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2015). Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur, año base 2012. *La Granja*, 21(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n21.2015.03> Zarei, M., Taghipour, H., & Hassanzadeh, Y. (2018). Survey of quantity and management condition of end-of-life tires in Iran: a case study in Tabriz. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 1099–1105. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0674-5>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).