



ANÁLISIS TERMODINÁMICO DE LA CIUDAD DE LIMA

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE CITY OF LIMA

Jenner David Guerrero Ibañez¹
<https://orcid.org/0000-0002-6873-6001>

Julio Renato Suni Chavez²
<https://orcid.org/0000-0002-5059-0972>

Resumen: La ciudad de Lima se encuentra ubicada en la República del Perú en la costa central de este país a los márgenes del océano pacífico. Lima es reconocida en el escenario internacional como la ex capital del Virreinato del Perú, y actualmente es una de las ciudades más grandes de Sudamérica con una extensión de 2,672 km² y con una subdivisión política de 43 distritos dentro del departamento de Lima. Es por ello que en el presente artículo se tiene por objetivo desarrollar un análisis termodinámico sobre la ciudad de Lima, debido a su relevancia como centro financiero y económico para la República del Perú, además se lleva en consideración que la misma ha incrementado su densidad poblacional en los últimos años, sumado a esto la concentración de la mayor parte de las industrias en esta zona ha generado un mayor desarrollo y un elevado consumo energético, con una eficiencia energética del 20.90% y una emisión de CO₂ de 2,71 E+7 toneladas en la ciudad de Lima, diferenciándose de las demás ciudades que conforman este país andino.

Palabras Claves: Exergía. Eficiencia. Ciudad de Lima. Termodinámica de las ciudades.

Abstract: The city of Lima is located in the Republic of Peru on the central coast of this country on the margins of the Pacific Ocean, it is recognized on the international scene as the former capital of the Viceroyalty of Peru and is currently one of the largest cities of South America with an extension of 2,672 km² and with a political subdivision of 43 districts within the department of Lima. That is why this article aims to develop a thermodynamic analysis of the city of Lima, due to its relevance as a financial and economic center for the Republic of Peru, it is also taken into consideration that it has increased its population density in recent years, added to this, the concentration of most of the industries in this area has generated greater development and high energy consumption, with an energetic efficiency of 20.90% and a CO₂ emission of 2.71 E+7 tons in the city of Lima, differentiating itself from the other cities that make up this Andean country.

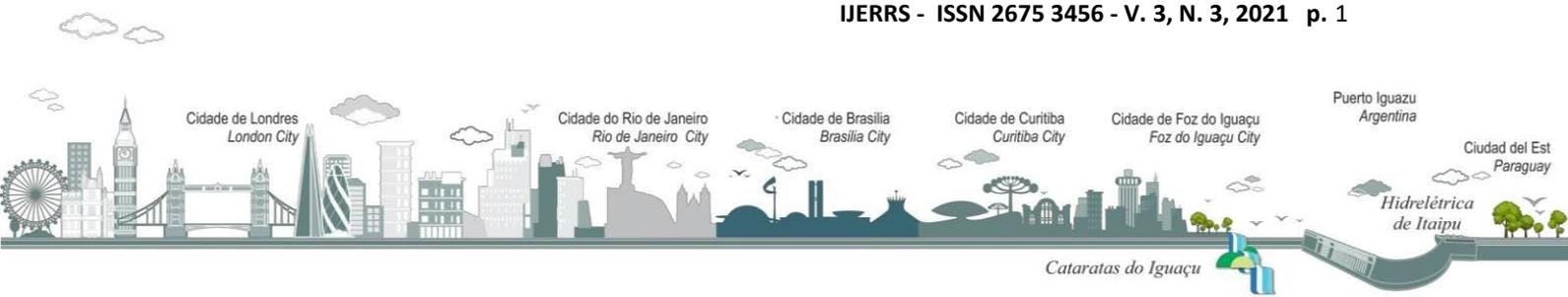
Keywords: Exergy. Efficiency. City of Lima. Thermodynamic of Cities.

INTRODUCCIÓN

La Energía es uno de los recursos más importantes para las ciudades industriales, y

¹ Graduando en Ingeniería Civil de Infraestructura en la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Jenner.ibanez@gmail.com

² Graduando en Ingeniería de Energía en la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. renato131196@gmail.com





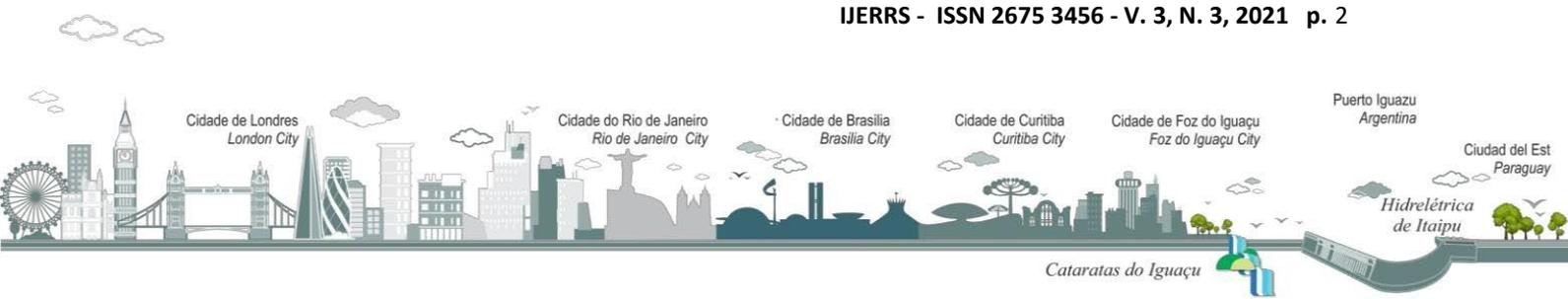
desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad los hidrocarburos se han destacado como principal fuente generadora de energía. Es por ello que en el presente trabajo se tiene por objetivo realizar un breve análisis termodinámico sobre el consumo energético de los hidrocarburos en la ciudad de Lima, fundada en 1535 y reconocida internacionalmente por destacarse como capital del ex Virreinato del Perú, hoy capital de Perú, llevando en consideración que la misma representa una de las ciudades más grandes de Sudamérica concentrando Industrias, población, centro financiero y económico de la república del Perú, acarreado con ello un acrecentamiento del consumo energético a diferencia de los demás departamentos que conforman este país.

Los datos que nos llevaron a destacar a la ciudad de Lima como una zona de mayor consumidor de energía son: En primer lugar, porque el mayor número de empresas manufactureras se encuentran en Lima con más del 50%,

El departamento de Lima es el ámbito geográfico donde se concentra el mayor número de empresas manufactureras, registrando un total de 97 mil 974 que representó el 51,9% del total de empresas manufactureras del país. En orden de importancia le siguen los departamentos de Arequipa con 6,0% y La Libertad con 5,6%, es decir, estos tres ámbitos geográficos concentran el 62,1% del total de empresas manufactureras (INEI, 2018, p. 45-85)

En segundo lugar, en lo que concierne a la concentración demográfica de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a través del censo realizado en el año 2017 la ciudad de Lima es el departamento con mayor concentración de población con un 32,3%, luego le sigue Piura con 6,3%, La Libertad 6,1%, Arequipa 4,7% y Cajamarca 4,6%. En total estos 4 departamentos concentran el 54,0% de la población nacional.

En cuanto a la fuente de energía empleada para los transportes la gasolina es el combustible que ocupa el primer lugar. Sin embargo, un dato importante a resaltar en cuanto al consumo de combustible líquido en el año 2019 es que a pesar de que la ciudad de Lima concentra el mayor número de estaciones de servicios y grifos de expendios de combustibles líquidos no es la ciudad que más los consume, los consumidores directos de hidrocarburos líquidos estuvieron concentrados principalmente en la Costa con el 77% de participación.





METODOLOGIA

Para la recolecta de datos, se investigaron primero los órganos que regulan los hidrocarburos y energía eléctrica en el Perú, estos son el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

Al visitar en la página Web del OSINERGMIN pudimos encontrar todos los datos del consumo de hidrocarburos de Lima y Callao por los distintos meses del año 2018, separamos los datos exclusivamente de Lima y recopilándolos en la Tabla 1.

Tabla 1 - Datos de los hidrocarburos en la ciudad de Lima, 2018.

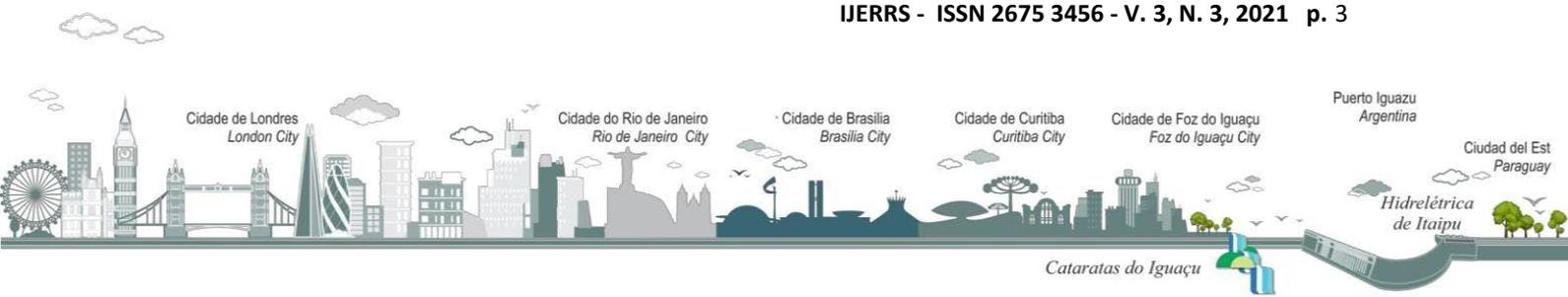
Meses	Diesel	Gasolina	GLP	TOTAL
			Automotriz	
Enero	915,904	727,479	325,240	1,968,629
Febrero	965,249	757,796	324,645	2,047,666
Marzo	940,388	808,988	321,664	2,071,038
Abril	942,219	755,881	337,345	2,035,453
Mayo	939,266	749,513	352,210	2,040,981
Junio	935,918	710,993	318,055	1,964,962
Julio	904,122	699,311	342,956	1,946,395
Agosto	964,037	728,743	326,783	2,019,564
Setiembre	920,857	689,566	330,012	1,940,440
Octubre	1,007,084	741,735	351,075	2,099,899
Noviembre	982,523	734,413	360,651	2,077,580
Diciembre	927,815	798,619	396,211	2,122,641
TOTAL, AL AÑO (Gal*Mes/ Día)	11,345,382	8,903,037	4,086,847	24,335,248

Leyenda: Gal =galones; GLP = Gas Licuado de Petróleo

Fonte: os autores, 2021.

El consumo de energía eléctrica de Lima del año 2018 se obtuvo mediante el Anuario Ejecutivo de Electricidad del año 2019 del Perú, este es una información pública que envuelve todo el estudio y resultados del sector eléctrico en el Perú y es realizado por el MINEM cada año.

Al consultar más información sobre el hidrocarburo Gas Natural y al no obtener unos datos claro por ciudades en la Web del OSINERGMIN, se investigó en las empresas distribuidoras de Gas Natural para cada ciudad. La empresa que distribuye exclusivamente a





Lima el Gas Natural es la Empresa CALLIDA y al buscar datos en su página Web pudimos encontrar los datos necesarios para la obtención de la Tabla 2.

Tabla 2 - Consumo Energético Lima- 2018

Tipo	Consumo Anual	Conversión	Volumen [m ³]
Energía Eléctrica	17,812 GWh	NA	NA
GLP	12,245.29 MBL	158.98722	1,946,844.62
Diesel	11,345,382 Gal*Mes/Día	0.11514	1,306,302.225
Gasolina	8,903,037 Gal*Mes/Día	0.11514	1,025,091.711
GLP automotriz	4,086,847 Gal*Mes/Día	0.11514	470,557.7415
GN combustión	637 MMPCD	10,335,551.50	6,583,746,283
GN horno	142 MMPCD	10,335,551.50	1,467,648,308

Leyenda: GWh = Gigavatio Hora; MBL = miles de barriles; Gal = galones; MMPCD = millones de pies cúbicos al día, GLP = Gas licuado de petróleo; GN = Gas Natural; m³ = metros cúbicos.
* GN Combustión, es para uso en vehículos o para motores de generación de energía eléctrica, GNHorno, es para uso residencial y comercial.

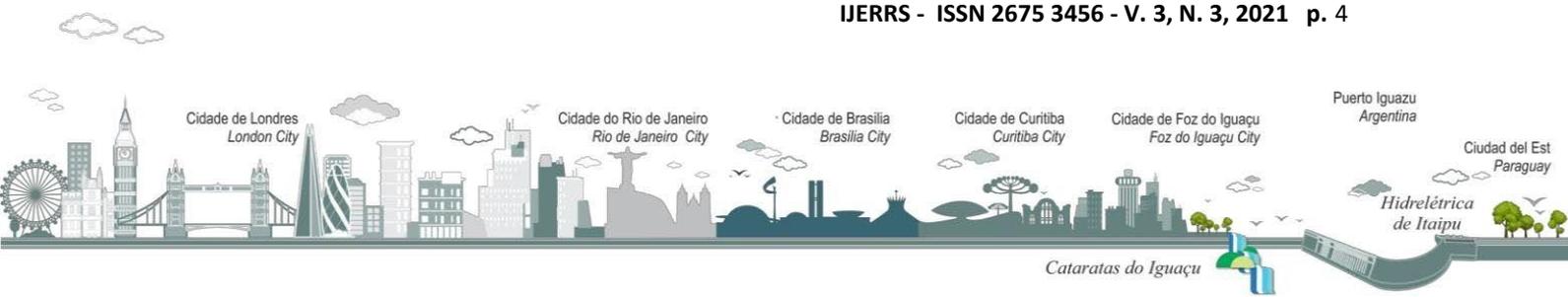
Fonte: os autores, 2021.

En la Tabla 2, está la información más detallada sobre los hidrocarburos y la energía eléctrica consumida en el año 2018, en caso de los hidrocarburos se realizó una tasa de conversión de las unidades de medida dadas por el OSINERGMIN y la empresa CALLIDA a una unidad de medida con la cual se pueda trabajar y entender, como lo es el metro cubico (m³).

Para el cálculo de la eficiencia exergética de la ciudad, debemos tener el valor de las tasas de la exergía de entrada y tasas de la exergía destruida dentro de la ciudad, recordando que la tasa de variación de la exergía por unidad de tiempo en Joule/segundos (J/s) o Watts (W). La eficiencia exergética es utilizada aquí, porque exergía es un concepto más amplio, que engloba energía y entropía. La eficiencia exergética es calculada conforme a la ecuación (1):

$$\eta_{II} = 1 - \frac{E_{destruida}}{E_{entrada}} \quad (1)$$

Donde $E_{destruida}$ es la exergía destruida en los procesos que ocurren en el interior de la ciudad y $E_{entrada}$ es la exergía que entra en la ciudad. Como en el interior de la ciudad existen más de un proceso y hay más de un flujo de entrada de exergía, la ecuación (1) se debe de





escribir en términos de sumatorias de todos los procesos de interés,

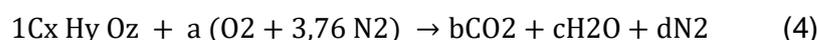
$$\eta_{II} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n E_{destruida,i}}{\sum_{i=1}^n E_{entrada,i}} \quad (2)$$

Donde i representan todos los procesos de interés dentro de la ciudad (combustibles, electricidad, etc.). La secuencia sugerida para el cálculo de la ecuación (2) es el siguiente: comenzamos por la exergía de entrada ($E_{entrada}$). Utilizamos los datos de la tabla 2 con los datos recopilados con las cantidades de hidrocarburos y de electricidad que la ciudad de Lima ha consumido en el año 2018.

EMISIÓN DE CO₂ DE LA CIUDAD DE LIMA

Para el hallazgo de la emisión del CO₂, será considerado aquí la combustión estequiométrica de los hidrocarburos con aire seco padrón. El aire seco padrón es un modelo del aire atmosférico, compuesto solamente por 21% de oxígeno (O₂) y 79% de nitrógeno (N₂).

La ecuación genérica para combustión estequiométrica es:



Donde C es el carbono, H el hidrogeno, O es el oxígeno y N es el nitrógeno; x, y, z son respectivamente los átomos de carbono, hidrogeno y oxigeno presentes en el combustible; a es el número de mols de aire seco padrón necesarios para la reacción de combustión estequiométrica, b es el número de mols de CO₂, c es el número de mols de H₂O y d es el número de mols de N₂ en los productos de combustión.

El objetivo principal aquí es obtener una relación másica entre producción de CO₂ y masa del combustible. Para eso es necesario obtener el valor molar de b , a través de un balance de especies químicas, donde:

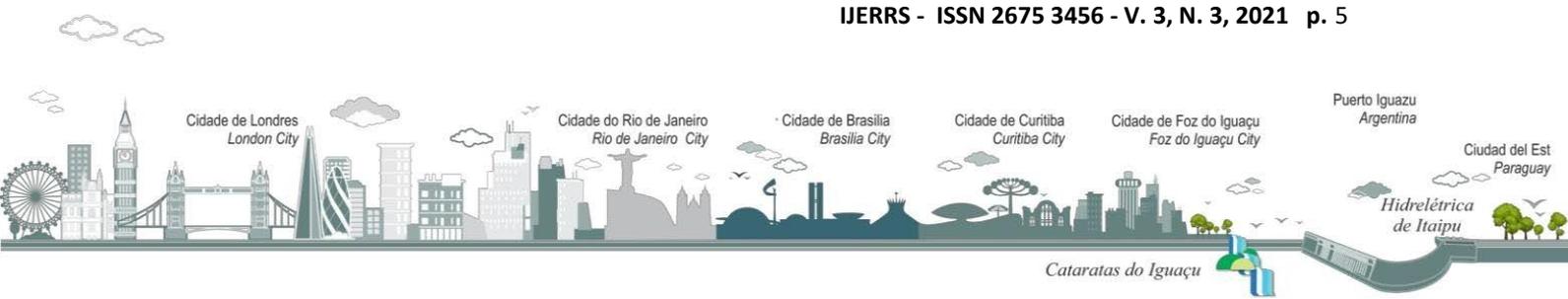
Con el elemento carbono, se obtendría una ecuación de:

$$1 x = b .1$$

Y un resultado de:

$$b = x$$

Con el elemento Hidrógeno, se obtendría una ecuación de:





$$1 y = c. 2$$

Y un resultado de:

$$C = y/2$$

Con el elemento Oxígeno, se obtendría una ecuación de:

$$1 z + a. 2 = b. 2 + c. 1$$

Y un resultado de:

$$a = x + y/4 - z/2$$

Es posible observar que el número de mols de CO₂ será el número de átomos de carbono presentes en el combustible. Para el cálculo de la masa del combustible y del CO₂.

Para hallar el factor de CO₂:

$$Factor_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{m_{combustible}}$$

$$Factor_{CO_2} = \frac{N_{CO_2} * MM_{CO_2}}{1 * MM_{combustible}}$$

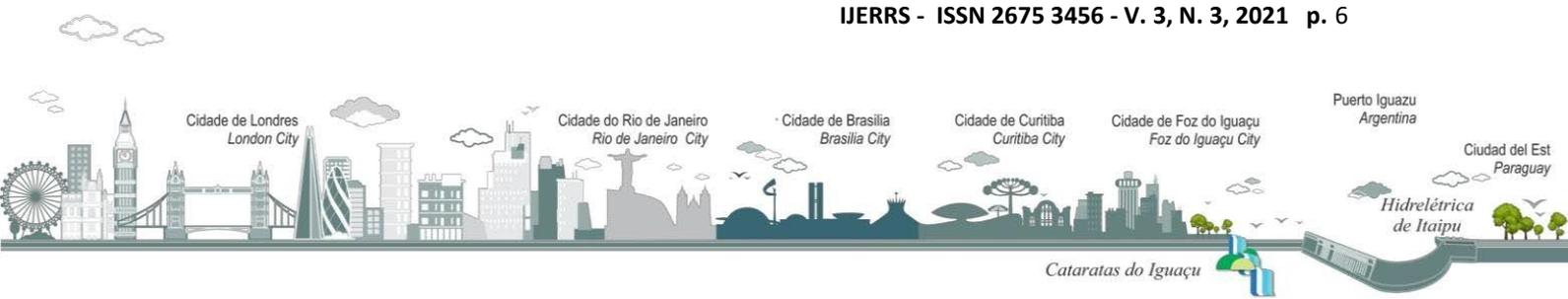
$$Factor_{CO_2} = \frac{x * MM_{CO_2}}{x. 12 + y. 1 + z. 16}$$

Donde la masa molar de CO₂ vale 44 kg/kmol.

Además de la metodología anterior, también se observó la metodología discutida en la disciplina Termodinámica de Ciudades en la carrera de Ingeniería de Energía de la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana - UNILA, presentada por los profesores Hartmann y Dias (2021) en el artículo "Metodología termodinámica para el cálculo de la eficiencia exergética en ciudades modernas" que es un componente del capítulo actual de esta revista.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Datos obtenidos y convertidos de la tabla 2, los podemos usar para obtener los resultados deseados. Para ello tenemos que multiplicar el consumo de los hidrocarburos en





volumen (m^3) por la densidad (kg/m^3) para poder obtener su consumo en masa (kg).

ENERGÍA, EXERGÍA Y EFICIENCIA DE LA CIUDAD DE LIMA

Para obtener la energía debemos multiplicar la masa consumida del combustible por su PCI (poder calorífico inferior). Y al finalizar multiplicamos la energía por el factor alfa, para obtener la EXERGIA ($E_{entrada}$). Estos datos son mostrados en la tabla 3 para cada combustible.

La Tabla 3 muestra los datos para el cálculo de la exergía de entrada de combustibles líquidos y gaseosos. Resaltamos que se tienen los valores de consumo de combustibles por año, el valor de la tasa de energía será por año ($J/año$).

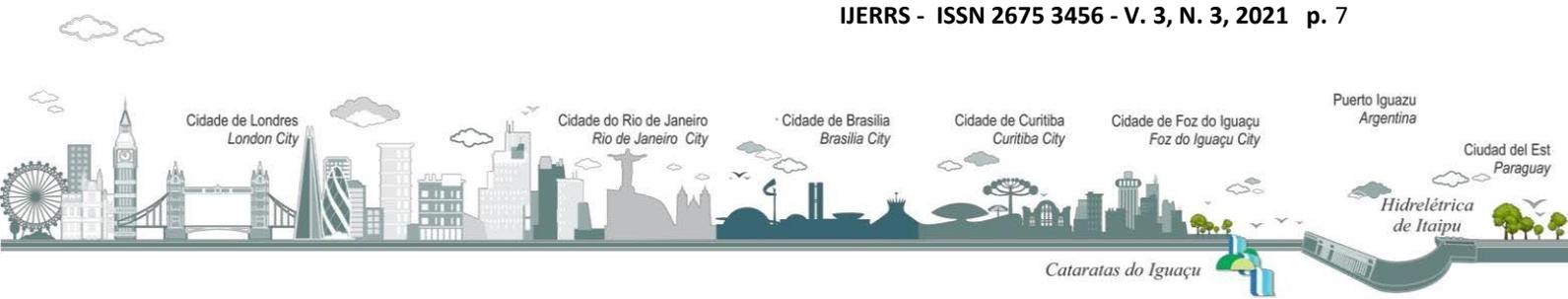
Para el caso de la electricidad el proceso es un poco más simple, debido que en términos de definición a exergía de una corriente eléctrica es la propia energía. El consumo de energía dado por el MINEM es dado en unidades de Gigavatio-hora (GWh) y no es dado en Joule (J) o Giga Joule (GJ). El factor de conversión es $1 \text{ GWh} = 3600 \text{ GJ}$. Así, completamos la tabla 3 para el flujo de entrada de exergía.

Tabla 3 - Datos Para La Obtención De Energía Y Exergía.

Combustible	Volumen [m^3]	Densidad [kg/m^3]	Masa [kg]	PCI [kJ/kg]	Energía [kJ]	Factor Alfa [-]	Exergia [kJ]
Gasolina	1,025,091.711	750	768818783.3	39000	2.99839E+13	1.07	3.20828E+13
Diesel	1,306,302.225	840	1097293869	42000	4.60863E+13	1.06	4.88515E+13
GLP automotriz	470,557.7415	560	263512335.2	46000	1.21216E+13	1.05	1.27276E+13
GLP	1,946,844.62	560	1090232984	46000	5.01507E+13	1.05	5.26583E+13
GN combustión	6,583,746,283	0.78	5135322101	37000	1.90007E+14	1.02	1.93807E+14
GN horno	1,467,648,308	0.78	1144765680	37000	4.23563E+13	1.02	4.32035E+13
Energía eléctrica	NA	NA	NA	NA	6.41232E+13	NA	6.41232E+13
TOTAL							4.47454E+14

*Leyenda: Kg = Kilogramo; PCI = poder calorífico inferior; KJ = Kilo Joule; GLP = Gas licuado de petróleo; GN = Gas Natural; m^3 = metros cúbicos; NA = no se aplica.

Fonte: os autores, 2021.





Podemos observar en la Tabla 3, que la densidad del GLP es de 560 Kg/m^3 . Esta información se pudo obtener mediante una ficha técnica de este combustible elaborado por la empresa Repsol con sede en Perú. Con esta información se pudo completar y obtener la exergía consumida del GLP automotriz y GLP.

Para el cálculo de exergía destruida se debe conocer la eficiencia de cada proceso. En términos generales, para la ciudad de clima caliente, la eficiencia para la utilización de electricidad es muy baja, en torno de 11,5%. Esto porque en ciudades calientes la utilización de acondicionadores de aire y refrigeradoras es grande y la eficiencia exergetica de estas es muy baja (1,9% para aires acondicionados). Para ciudades frías la eficiencia exergetica en la utilización de electricidad es un poco mayor, en torno de 25%. Para vehículos con motores a combustión la eficiencia exergetica es de aproximadamente 25% y para vehículos con motores eléctricos es aproximadamente 76%. La Tabla 4 resume los valores de eficiencia exergetica de los principales procesos termodinámicos que suceden en la ciudad de Lima.

Tabla 4 - eficiencia exergetica de algunos procesos de intereses en la ciudad de lima

Proceso	Eficiência exergetica ($\eta //$)
Motores a combustión	25%
Motores eléctricos	76%
Consumo de electricidad (doméstico y comercial)	11,5%
Hornos a GLP o gas natural	14,9%

Fonte: os autores, 2021.

La exergía destruida es calculada aplicándose los valores de la eficiencia exergetica de cada proceso, a través de la ecuación (3):

$$E_{\text{Destruida}} = (E_{\text{Entrada}})(100\% - \eta //) \quad (3)$$

La tabla para exergía destruida tiene como base la exergía de entrada mostradas en la Tabla 3, estaría con el formato presentado en la Tabla 5.

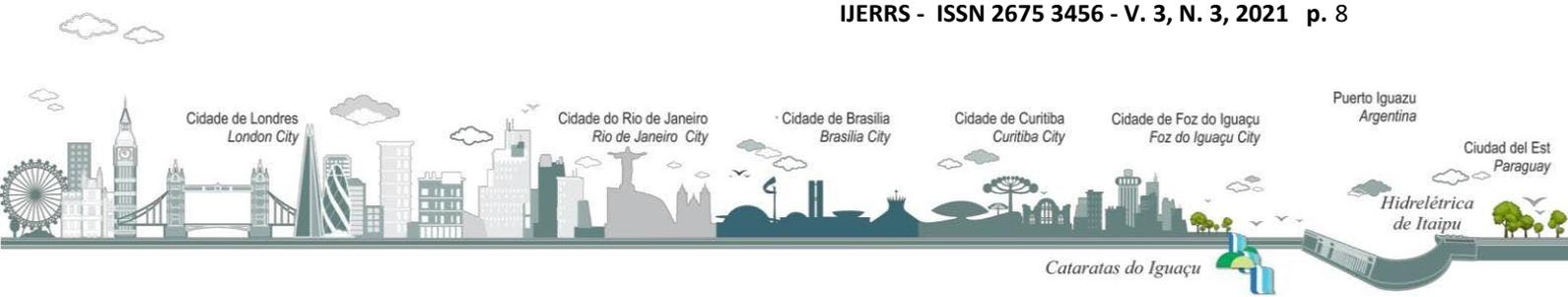




Tabla 5 - Datos para obtención de exergía destruida

Combustible	Exergía de entrada [GJ]	Eficiencia exergética ($\eta//$)	exergía destruida [GJ]
Gasolina	3.20828E+7	25%	2.40621E+7
Diesel	4.88515E+7	25%	3.66386E+7
GLP AUTOMOTRIZ	1.27276E+7	25%	9.54573E+6
GLP	5.26583E+7	14.90%	4.48122E+7
GN COMBUSTIÓN	1.93807E+8	25%	1.45355E+8
GN HORNO	4.32035E+7	14.90%	3.67661E+7
Electricidad	6.41232E+7	11.50%	5.67490E+7
		TOTAL	3.53929E+8

Leyenda: GJ = Giga Joule; GLP = Gas licuado de petróleo; GN = Gas Natural

Fonte: os autores, 2021.

Como podemos ver en la Tabla 5, la mayor exergía destruida es el Gas Natural para uso en combustión (llamado Gas Natural Vehicular), esto es debido a que actualmente en Lima, la mayoría de los autos y buses que circulan por la ciudad, usan un sistema híbrido de combustible, entre gasolina y Gas Natural Vehicular. Con el fin de ahorrar dinero ya que el Gas Natural Vehicular es más económico que la gasolina. Siendo más beneficioso económicamente para los trabajadores del sector transportes y algunas personas particulares.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Lima en el año 2018 tenía el 66% del parque automotor en circulación del Perú con 1.9 millones de automóviles solamente en la ciudad. En nuestra tabla observamos que la energía eléctrica también fue una de las más consumidas, esto ya se debe a la población que tiene Lima. Según la INEI en el año 2018 Lima albergaba 9 millones 320 mil habitantes.

Notamos que los valores de eficiencia para la gasolina, Diesel, GLP automotriz y GN para combustión (conocido como Gas Natural Vehicular) son los mismos, pues esta eficiencia es la eficiencia de los motores a combustión. Para GLP y GN horno se utilizó la eficiencia de hornos. Y para la electricidad se debe usar la media de la eficiencia exergética para las ciudades calientes.

Ahora con el cálculo de la exergía destruida, podemos hallar el cálculo de la eficiencia de la ciudad de Lima con la ecuación (1), así obtenemos que la eficiencia de la ciudad de Lima es 20,90%. Como se muestra en la Tabla 6.

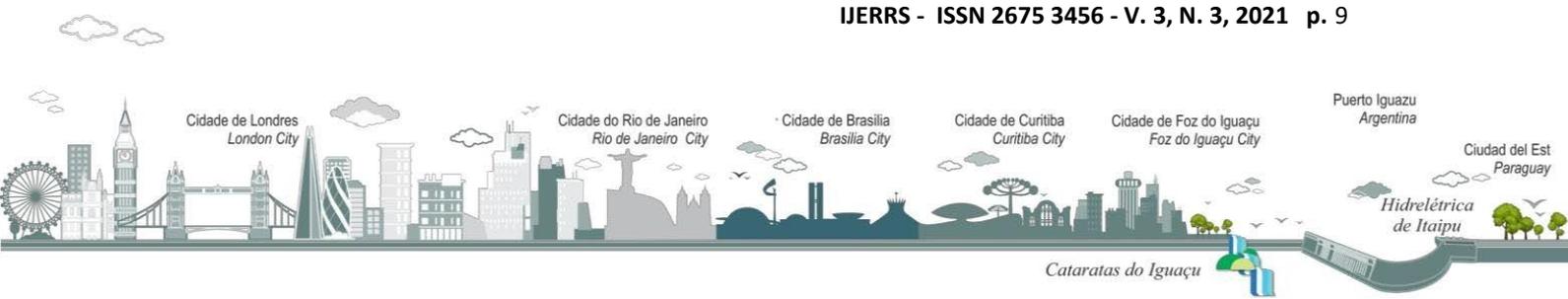




Tabla 6 - Eficiencia de la ciudad de lima

Exergía de entrada [GJ]	Exergía destruida [GJ]	% eficiencia exegética
4.47454E+8	3.53929E+8	20.90%

Leyenda: GJ = Giga Joule

Fonte: os autores, 2021.

EMISIÓN DE CO₂ DE LA CIUDAD DE LIMA

Para hallar la emisión de CO₂ necesitamos usar el factor de CO₂ de cada combustible, con su fórmula química mostrada en la Tabla 7 se puede determinar. Y así con el factor de CO₂ y la masa del combustible podemos obtener la masa del CO₂, calculados en la Tabla 7.

$$Factor_{CO_2} * m_{combustible} = m_{CO_2}$$

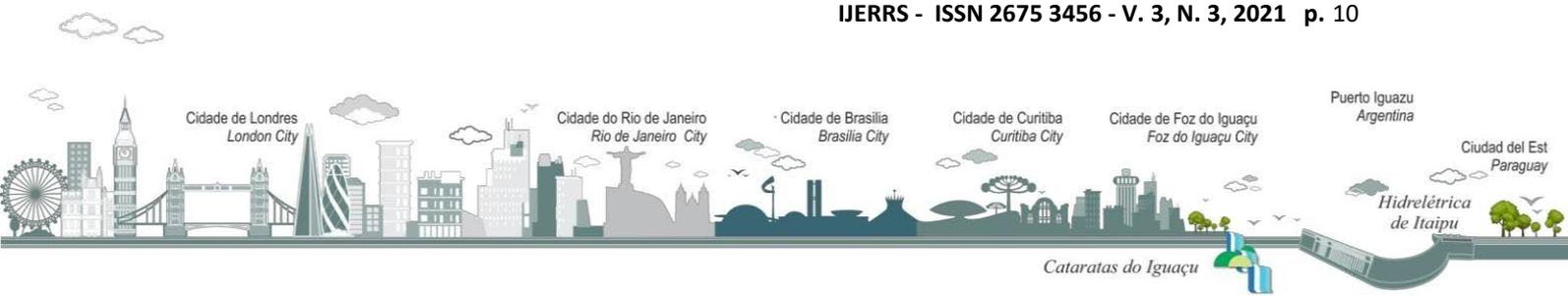
Tabla 7 - Emisión de CO2 de los combustibles

Combustible	Masa (Kg)	Fórmula química	Factor de CO2	Emisión de CO2(Tn)
Gasolina	768818783.3	C ₈ H ₁₈	3.088	2.374E+6
Diesel	1097293869	C ₁₆ H ₃₄	3.115	3,4181E+6
GLP automotriz	263512335.2	C _{3,5} H ₉	3.02	7,96E+5
GLP	1090232984	C _{3,5} H ₉	3.02	3,293E+6
GN combustión	5135322101	CH ₄	2.75	1,41E+7
GN HORNO	1144765680	CH ₄	2.75	3,1481E+6
TOTAL				2,71E+7

Leyenda: Kg= kilogramo; Tn=tonelada; CO₂ = Dióxido de carbono; C = Carbono; H = Hidrogeno

Fonte: os autores, 2021.

Hallamos que la masa de la emisión total de CO₂ en la ciudad de Lima es: 2,71E+7 toneladas. Como podemos observar en la Tabla 7, la alta emisión de CO₂ en Lima se debe a que su parque automotor en circulación era del 66% de todo el Perú, siendo el Gas Natural Vehicular con mayor emisión de CO₂. No solo el parque automotor fue el causante de la emisión sino también a las empresas en Lima. Según el INEI en el 2018 Lima tenía el 43% de densidad empresarial del Perú con un total de 1.03 millones de empresas en la ciudad. La





emisión de CO₂, es un tema serio e importante, ya que Lima es la octava ciudad más contaminada en Latinoamérica y está en el puesto 22 del mundo, y se tiene que concientizar a la ciudad y también mejorar la infraestructura para que esta emisión sea menor.

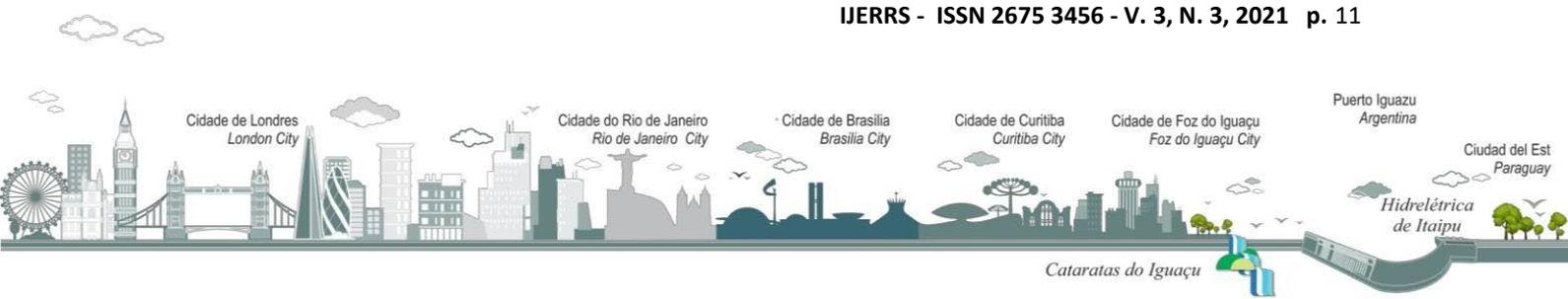
CONSIDERACIONES FINALES

La ciudad de Lima es la ciudad más importante de todo el Perú, esto es debido a su importancia que tiene en la economía del Perú. Lima al tener una población tan grande, que fue creciendo a lo largo de los años, y también industrias numerosas, tiende a consumir mucha energía eléctrica e hidrocarburos, esto se refleja en el balance presentado, en el cual la ciudad tuvo un gran consumo de exergía.

Esta ciudad conbase a los datos obtenidos, llegamos a la conclusión de una eficiencia exergética del 20.90%. Podemos asegura que, por el crecimiento de la ciudad y sus proyecciones a futuro, esta eficiencia pueda aumentar. Ya que cada vez se están realizando grandes proyectos con transportes públicos a base de energía eléctrica, tal como es el tren eléctrico. Dichos proyectos con éxitos, porque gran parte de la población usan estos transportes y disminuyendo el uso de motores a combustión. Y con la modernización de varias industrias que puedan cambiar el uso de hidrocarburos hacia energía eléctrica.

Con respecto al medio ambiente, lima hizo alrededor de 2,71E+7 Tn de dióxido de carbono, esto debido a la gran cantidad de automóviles que circulan por la ciudad y con ayuda de las industrias que usan hidrocarburos como fuente primaria. Esto llega a ser alarmante por la cantidad de emisión de dióxido de carbono generado y porque Lima es una de las ciudades más contaminadas del Perú. Esperemos que con la renovación de transportes públicos como lo es el tren eléctrico y la modernización de varias industrias, esto pueda cambiar en un futuro no muy lejano.

Para cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación se han obtenido los datos de los diferentes órganos reguladores energéticos del Perú, tal como la OSIGNERMIN, además de empresas que brindan diferentes servicios de hidrocarburo. En cuanto a los datos sobre la eficiencia energética y la emisión de Dióxido de Carbono se han realizado cálculos a partir de conocimientos obtenidos desde video aulas de la materia de Tópicos Interdisciplinarios en Ingeniería de Energías Renovables. Para culminar se considera relevante dar continuidad a la investigación futuramente con el objetivo de verificar la eficiencia energética y la emisión de





dióxido de carbono tanto de la ciudad de Lima como así también de otras ciudades importantes de Perú. Con la finalidad de realizar un análisis comparativo que nos brinde información detallada al respecto de la cuestión energética a lo largo de varios periodos.

REFERÊNCIAS

INEI. Instituto nacional de Estadística e Informática. **Perú: Estructura Empresarial.** Lima: INEI, 2019. 213 p.

INEI. Instituto nacional de Estadística e Informática. **Notas de prensa:** Lima alberga 9 millones 320 mil habitantes. 2018. Disponible en: <<https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-alberga-9-millones-320-mil-habitantes-al-2018-10521/>> . Acesso em: 20 set. 2021.

INEI. Instituto nacional de Estadística e Informática. **Transporte, almacenamiento, correo y mensajería – Parque automotor en circulación a nivel nacional, según departamento.** 2020. Disponible en: <<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/prueba-11103/>> . Acesso em: 19 set. 2021.

INEI. Instituto nacional de Estadística e Informática. **Análisis de la Densidad Empresarial.** Lima: INEI, 2018. 152 p.

OSINERGMIN. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. **Reporte semestral de monitoreo del mercado de hidrocarburos.** Lima: OSINERGMIN, 2019. 24 p.

OSINERGMIN. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. **Demanda Anual de GLP por Departamentos.** 2021. Disponible en: <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/demanda-departamento_> . Acesso em: 10 set. 2021.

OSINERGMIN. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. **Scop- Docs. 2021.** Disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm_>. Acesso em: 20 set. 2021.

SENER. Secretaría de energía. **Prospectiva de Gas L.P. 2015-2029.** 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/116105/Factores_de_Conversi_n-Gas_LP.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

CLASS Y ASOCIADOS. S.A. clasificadora de riesgo. **Fundamento de clasificación de riesgo: Gas Natural de Lima y Callao.** S. A.- Cálidda. Lima: Class & asociados, 2019.

REPSOL. **Fichas de Datos de Seguridad:** Gas Licuado de Petróleo. 2016. Disponible en: <https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/2GLP_tcm76-84132.pdf> Acesso em: 20 set. 2021.

