



Ministério da Educação
Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia de Energias

**Análisis Termodinámico de ciudades del Perú, evaluación de
eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco en
el año 2019**

Julio Renato, SUNI CHAVEZ

Foz do Iguazú, PR
Noviembre, 2023



Ministério da Educação
Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia de Energias

**Análisis Termodinámico de ciudades del Perú, evaluación de
eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco en
el año 2019**

Julio Renato, SUNI CHAVEZ

Trabajo de conclusión de Curso presentado al
Instituto Latino-Americano de Tecnología,
Infraestructura y Territorio de la Universidad
Federal de la Integración Latino-Americana, como
requisito parcial a la obtención del título de
bachillerato en Ingeniería de Energía.

Orientador: Dr. Ricardo Morel Hartmann

Foz do Iguazú, PR

Noviembre, 2023

Análisis Termodinámico de ciudades del Perú, evaluación de eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco en el año 2019

Trabajo de conclusión de Curso presentado al Instituto Latino-Americano de Tecnología, Infraestructura y Territorio de la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, como requisito parcial a la obtención del título de bachillerato en Ingeniería de Energía.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Morel Hartmann
UNILA

Prof. Dr. Manuel Salomon Salazar Jafure
UNILA

Prof. Dr. Diego Moraes Flores
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ del _____.

Dedicado para mi mamita Lucía Melgar y a mis padres Julio Suni y Margarita Chavez, por los años incondicionales de apoyo en el largo camino de estudios.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a mi mamita Lucia, a mis padres Julio y Margarita, mis hermanos Cristhian y Lucia, mis tíos Raquel y José, y toda mi familia por el apoyo, incentivo y amor incondicional en todo este proceso académico.

A mi orientador Ricardo Hartmann por la ayuda, incentivo y paciencia.

A los profesores con los que aprendí y me ayudaron en todo el proceso del curso.

A mis amigos que compartimos los estudios, las "pichangas", las presentaciones artísticas, los "terceros tiempos", los que estuvieron en las buenas y en las malas conmigo viviendo fuera de mi casa.

A la Universidad por darme la oportunidad de hacer un curso de graduación en Brasil.

A mi "jefecito", Ángel por darme la oportunidad de aprender y tener mayor conocimiento en un campo laboral en mi etapa de estagio obligatorio.

A los profesores y amigos, Prof. Gustavo, Prof. Julio, Prof. Guillermo y "Sensei" Iván por el aprecio que tuvieron hacia mi persona y compartir más allá de una sala de aula.

Y a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en esta formación académica.

Muchas Gracias

Julio Renato Suni Chavez

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Emisión de CO ₂ de las ciudades en base a la emisión nacional	39
Gráfico 2 - (a) ciudades con potencial para desarrollar una Smart city según Narváez, (b) Infraestructura Básica que debería tener en las Smart city en el Perú.....	41
Gráfico 3 - Jorge Muñoz y Oh Se-honn presentando el memorándum.	45
Gráfico 4 - alcalde de Miraflores Luis Molina y Emilio Herrera, director CKcity.....	46
Gráfico 5 - alcaldesa de Cusco Romi Infantas y presidente de LH, Chang Hum Byum.	47
Gráfico 6 - Evolución de la demografía	48
Gráfico 7: (a) Evolución del Producto Bruto Interno (b) Densidad de la estructura empresarial 2019 - 2020	48
Gráfico 8 - Hogares con acceso al agua por red publica	51
Gráfico 9 - Hogares con acceso a energía eléctrica por red publica.....	51
Gráfico 10 – (a) Hogares con acceso al servicio de alcantarillado o similares (b) Hogares con servicio de recolección de residuos solidos.....	52
Gráfico 11 - Población con acceso a internet mayor a 6 años	53
Gráfico 12 - Denuncias por comisión de delito.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1- Densidad de los hidrocarburos	15
Tabla 2- Valores de PCI de hidrocarburos	17
Tabla 3- Composición química de los hidrocarburos	18
Tabla 4- Tablas de resultados del factor Beta.....	19
Tabla 5- Datos de obtención de energía y exergía	22
Tabla 6- Eficiencia exergética de procesos de interés dentro de la ciudad	22
Tabla 7- Datos para la obtención de la exergía destruida.....	23
Tabla 8- Consumo de los Hidrocarburos de Lima, Arequipa y Cusco del año 2019.....	28
Tabla 9- Consumo de energético de Lima, Arequipa y Cusco de año 2019	30
Tabla 10-Factores de Conversión de unidades y equivalencias	30
Tabla 11-Consumo Energético de las ciudades convertido en metros cúbicos.....	31
Tabla 12- Tabla desarrollada para obtener la masa, energía y exergía de las ciudades	33
Tabla 13 – obtención total de exergía destruida de las ciudades Lima, Arequipa y Cusco.....	35
Tabla 14 - eficiencia exergética de Lima, Arequipa y Cusco.....	36
Tabla 15 – Emisión de dióxido de carbono por ciudades.....	38
Tabla 16: Estadísticas de niveles de pobreza monetaria	49
Tabla 17: Estadísticas de niveles de pobreza extrema monetaria	50

INDICE

LISTA DE GRÁFICOS.....	6
LISTA DE TABLAS.....	7
Resumen.....	10
ABSTRACT	11
1 Introducción:	12
2 Objetivos:.....	14
2.1 Objetivos específicos:	14
3 Síntesis de la Bibliografía Fundamental.....	14
3.1 Eficiencia Térmica.....	14
3.2 Densidad	15
3.3 Poder calorífico	16
3.4 Energía.....	17
3.5 Factor beta (β).....	18
3.6 Exergía.....	19
3.7 Eficiencia exergética	20
3.8 Cálculos de la energía y exergía.....	21
3.9 Emisión de dióxido de carbono (CO ₂).	23
3.10 Cálculo de la emisión de CO ₂	24
3.11 Smart City	26
4 Metodología:	27
5 Resultados y discusión:	30
5.1 Energía, exergía y eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.....	31
5.2 Emisión de CO ₂ de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.	37
6 El Perú y ciudades inteligentes.	39
6.1 Lima	45
6.2 Arequipa.....	46
6.3 Cusco	46
6.4 Análisis General de las ciudades.	47

7	Conclusiones:.....	55
7.1	Trabajos a futuro.	56
8	Referencias Bibliográficas:.....	57

Resumen

El Perú es un país que ha mantenido un gran desarrollo al largo de estos años. Los nuevos modelos de desarrollo hacen que este país deba acoplarse e ir actualizándose, en este trabajo analizaremos las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco tres ciudades importantes dentro del Perú.

En este análisis se sabremos el potencial que tienen estas ciudades para adaptarse a estos nuevos desarrollos de ciudades inteligentes, así mismo mediante su consumo de hidrocarburos y energía eléctrica se halla la eficiencia exergética de estas ciudades del Perú siendo para Lima el 22,03%, para Arequipa el 24,97% y para Cusco el 24,98%. Así mismo, por la alta demanda de hidrocarburos dentro de las ciudades, hallaremos la emisión de CO₂ de cada ciudad en mención con Lima emitiendo el 2,73 E+07 Toneladas de CO₂, Arequipa emitiendo el 2,71E+06 Toneladas de CO₂ y Cusco emitiendo 1,45E+06 Toneladas de CO₂.

Palabra clave: Exergía, Eficiencia, Perú, Dióxido de carbono, Smart City.

ABSTRACT

Peru is a country that has maintained great development over the years. The new development models mean that this country must adapt and update itself. In this work we will analyze the cities of Lima, Arequipa and Cusco, three important cities within Peru.

In this analysis we will know the potential that these cities have to adapt to these new developments of smart cities, likewise, through their consumption of hydrocarbons and electrical energy, the exergetic efficiency of these cities in Peru is found, being 22.03% for Lima. for Arequipa 24.97% and for Cusco 24.98%. Likewise, due to the high demand for hydrocarbons within the cities, we will find the CO₂ emission of each city in mention with Lima emitting 2.73 E+07 Tons of CO₂, Arequipa emitting 2.71E+06 Tons of CO₂ and Cusco emitting 1.45E+06 Tons of CO₂.

Keyword: Exergy, Efficiency, Peru, Carbon dioxide, Smart City.

1 Introducción:

En el mundo moderno, el desarrollo de las grandes ciudades juega un papel vital en el progreso de cada país. Este crecimiento, ya sea económico, urbano, social, industrial y de otros indoles, es un objetivo fundamental que todo país debe abordar estratégicamente y adaptarlo a las necesidades de cada región.

En paralelo, la tecnología ha ido experimentando un continuo crecimiento, originando cambios a la sociedad moderna y generando nuevas exigencias que buscan satisfacerla. (COMPREHENSIVE TECHNOLOGICAL RESEARCH, 2022)

La revolución digital, resultado del crecimiento tecnológico, es capaz de alterar sociedades y economías. Dispositivos móviles, redes sociales, la "nube" y el análisis de grandes datos, conocido como BIG DATA, están generando un mundo hiperconectado y una sociedad colaborativa, con nuevos modelos de interacción y generación de valores. (Cunha, Przeybilovicz, Medina, Burgos, 2016)

El producto de este desarrollo ha cambiado la forma de planificación de las ciudades modernas. Según Albino, Berardi y Dangelico (2015), las ciudades requieren nuevas formas de gestionar desafíos actuales, las metrópolis del mundo buscan soluciones que permitan conexiones, con una alta calidad y mayor eficiencia, de los servicios urbanos.

Las principales ciudades a medida que avanzan tienen la necesidad del uso eficiente y racional de la energía, cada vez se torna un elemento muy importante dentro de la planificación energética de cada nación, esto complementa a los diferentes sectores y tipos de usuarios que usan la energía dentro de su proceso productivo. (Briano; Baéz: Moya Morales, 2016)

El Perú, es un país que en los últimos años ha ido creciendo, enfrentando las transformaciones de un mundo en constante evolución y asumiendo nuevos desafíos. Su crecimiento como nación ha demandado un aumento de energía y recursos, en donde el contexto de desarrollo sostenible y una gestión de eficiencia energética tiende a ser más importante.

La eficiencia de la energética conlleva a cambios de comportamiento social, políticas de largo alcance y modificaciones en el consumo energético, entonces, es la meta primordial para que las ciudades sean económica, social y sostenible, independientemente de su tamaño. (Graizbord, Monteiro, 2011)

Considerando el desarrollo y el Perú, tomaremos tres ciudades que son clave de este país, Lima, Arequipa y Cuzco. Estas ciudades, no solo se destacan por su patrimonio cultural y belleza, sino también por el consumo energético que cada año demanda. Se analizará la eficiencia energética evaluando el consumo de los hidrocarburos y energía eléctrica de estas ciudades del año 2019, esta eficiencia va más allá que la eficiencia energética al considerar la calidad de la energía y su impacto al medio ambiente.

Así, buscamos dar una propuesta para identificar oportunidades de optimización del uso de la energía y sus recursos en estas regiones y obtener a un futuro mejoras en esta área energética que es muy importante.

Además, en un contexto de desarrollo y digitalización, se examinará estas tres ciudades hacia una transformación de "Smart cities" (ciudades inteligentes), evaluando la infraestructura existente, los recursos urbanos y políticas gubernamentales con el fin de analizar la posibilidad de ser una Smart city y cómo podrían avanzar en esa dirección.

Al igual que en Lima, Arequipa o Cuzco, existen otras ciudades con similares desafíos en términos de crecimiento urbano, eficiencia energética y sostenibilidad, ya sea dentro del Perú o fuera de este país. Podría ser útil para tener una comprensión y visión de desarrollo hacia una ciudad inteligente.

2 Objetivos:

Analizar el comportamiento del consumo exergético en ciudades destacadas del Perú y evaluar su potencial para evolucionar hacia "Smart Cities"

2.1 Objetivos específicos:

- a) Hallar las eficiencias exergéticas de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco en el año 2019, mediante su consumo de hidrocarburos y energía eléctrica de ese mismo año.
- b) Analizar la emisión de CO₂ de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco, mediante el consumo netamente de hidrocarburos del año 2019.
- c) Evaluar los lugares mediante algunos parámetros necesarios para una Smart City

3 Síntesis de la Bibliografía Fundamental.

3.1 Eficiencia Térmica

La eficiencia térmica se calcula a través de las leyes termodinámicas, exactamente esta es consecuente de la segunda ley de la termodinámica, y podemos definirla como:

$$\text{Eficiencia térmica} = \frac{\text{Efecto Deseado}}{\text{Lo que fue consumido}} \quad (1)$$

Para las maquinas térmicas, el efecto deseado es el trabajo neto, mientras el consumo final es la entrada de la cantidad de calor suministrado al fluido de trabajo. (ÇENGEL; BOLES, 2013)

Entonces podemos expresar la eficiencia térmica de una maquina térmica como:

$$\eta_{ter} = \frac{W_{neto, salida}}{Q_{entrada}} \quad (2)$$

El trabajo neto para maquinas térmicas puede ser determinado por la diferencia entre el calor de entrada y el calor de salida.

$$W_{neto,salida} = Q_{entrada} - Q_{salida} \quad (3)$$

Entonces al usar la ecuación 3 en la ecuación 2 tenemos que la eficiencia térmica lo podemos expresar como:

$$\eta_{ter} = 1 - \frac{Q_{salida}}{Q_{entrada}} \quad (4)$$

La eficiencia térmica es una medida de qué tan eficientemente una máquina térmica convierte el calor que recibe en trabajo. Las máquinas térmicas se construyen con el propósito de convertir el calor en trabajo, de ahí que los ingenieros traten constantemente de mejorar las eficiencias de estos dispositivos dado que mayor eficiencia significa menos consumo de combustible y por lo tanto menores costos y menos contaminación. (ÇENGEL; BOLES, 2013)

3.2 Densidad

La densidad es una propiedad intensiva que es determinado como una cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Donde:

m = masa [Kg]

V = volumen [m³]

Es muy importante tener en cuenta la densidad de los diferentes hidrocarburos, esto es debido a que en el Perú los hidrocarburos son proporcionados y/o vendidos con medida de volumen. En este presente trabajo se es necesario obtener la masa de los combustibles, para poder determinar su energía.

Tabla 1- Densidad de los hidrocarburos

Combustible	Densidad(kg/m3)
Gasolina	750
Diesel	840
Etanol	810
GLP	560
Gas natural	0,78

Fuente: Hartmann; Diaz (adaptado), 2021

3.3 Poder calorífico

Podemos definir como poder calorífico al calor que puede ser liberado por cada unidad de masa, realizada en la combustión del combustible. La unidad de medida para el calor puede ser expresada en kilocalorías o kilo Joules y la unidad de la masa en kilogramos, (Kcal/kg) o (KJ/kg).

La mayor parte de los combustibles contienen hidrógeno, que forma agua durante la combustión. El poder calorífico de un combustible será diferente dependiendo de si el agua en los productos de la combustión se halla en forma líquida o de vapor. (Çengel, 2012)

El poder calorífico se divide en dos categorías: el poder calorífico inferior (LHV o "lower heating value") y el poder calorífico superior (HHV o "higher heating value"). La diferencia clave entre ambas radica en el estado del agua resultante de la combustión. El LHV se refiere al poder calorífico cuando el agua generada por la combustión sale en forma de vapor. En cambio, el HHV se utiliza cuando el agua en los gases de combustión se condensa por completo, permitiendo la recuperación del calor liberado durante la vaporización del agua. Esta distinción es esencial en la evaluación de la eficiencia y el rendimiento de sistemas de combustión y calentamiento, ya que refleja cómo se maneja el calor producido durante el proceso. (Çengel, 2012)

Según Çengel (2012), En la evaluación de eficiencia de motores de automóviles y aviones a reacción, generalmente se emplean poderes caloríficos inferiores. ya que, en la mayoría de los casos, el agua generada durante la combustión se libera en forma de vapor en los gases de escape, lo que hace prácticamente imposible recuperar el calor de vaporización. Por otro lado, en la evaluación de la eficiencia de hornos, se utilizan los poderes caloríficos superiores como base de referencia.

En la siguiente tabla 2, son presentados los PCIs de los hidrocarburos utilizados en las ciudades estudiadas.

Tabla 2- Valores de PCI de hidrocarburos

Combustible	PCI (kJ/kg)
Gasolina	44.000
Diesel	42.000
Etanol	26.000
GLP	46.000
Gas natural	37.000

Fuente: Hartmann; Diaz (adaptado), 2021

Se toma en cuenta el PCI, debido a que en su mayor proporción estos hidrocarburos son usados para motores de combustión.

3.4 Energía

La energía es una propiedad termodinámica, siendo corolario de la primera ley de la termodinámica, esta puede transferirse en dos formas distintas: *calor (Q)* y *trabajo (W)*. De hecho, energía, Q y W son equivalentes entre sí como establece la primera ley de la termodinámica. El principio de la conservación de energía de la primera ley de la termodinámica, la energía no se crea ni se destruye, simplemente cambia de forma. (Çengel, Boles, 2012; Van Wylen, 1998)

En forma resumida podemos decir que la energía esta relacionado con el movimiento, sea movimiento microscopio de las moléculas que son medidos a través de la temperatura o de un punto de vista macroscópico la velocidad de la energía de los cuerpos es energía cinética.

Como el poder calorífico fue definido antes como el calor que puede ser liberado por unidad de masa. Según Çengel (2012), un combustible puede ser cualquier material que al ser quemado libera Energía. Y como el calor es un tipo de energía, podemos decir que en combustibles el poder calorífico es la energía liberada por la quema del combustible por unidad de masa.

$$PC_{combustible} = \frac{E}{m} \quad (6)$$

Donde:

$PC_{\text{combustible}}$ = Poder calorífico del combustible [kJ/kg]

m = masa [kg]

E = Energía [kJ]

En este presente trabajo es muy importante hallar la energía que produce cada combustible dentro de nuestras ciudades de interés, ya que estos datos son la base para poder obtener la exergía y posteriormente a una eficiencia exergetica de las ciudades de interés.

3.5 Factor beta (β)

El factor beta (β) es una función que determina el grado de exergía para distintos tipos de combustibles, y se calcula en base a la composición química específica de cada uno. (Inoussah, M., Adolphe, M. y Daniel, L., 2017)

Según Hartmann y García-Acevedo (2021), el factor beta puede ser calculado como:

Hidrocarburos líquidos:

$$\beta = 1,0334 + 0,0144 \left(\frac{H}{C} \right) \quad (7)$$

Hidrocarburos gaseosos:

$$\beta = 1,0334 + 0,0144 \left(\frac{H}{C} \right) - 0,0694 \left(\frac{1}{N_c} \right) \quad (8)$$

Donde H/C es la relación de átomos de hidrogeno sobre átomos de carbono y N_c es el número de átomos de carbono en la molécula del combustible.

La composición química de los hidrocarburos es:

Tabla 3- Composición química de los hidrocarburos

Combustible	Composición química
Gasolina	C_8H_{18}
Diesel	$C_{16}H_{34}$
Etanol	C_2H_6O
GLP	$C_{3,5}H_9$
Gas natural	CH_4

Fuente: Hartmann, 2021

Usando la ecuación 7 para hidrocarburos líquidos y la ecuación 8 para hidrocarburos gaseosos se obtendrá el factor beta en la tabla 4.

Tabla 4- Tablas de resultados del factor Beta

Combustible	Factor Beta (-)
Gasolina	1,07
Diesel	1,06
Etanol	1,08
GLP	1,05
Gas natural	1,02

Fuente: Hartmann; Evelio, 2021

3.6 Exergía

La exergía se define como el trabajo teórico máximo que puede obtenerse a partir de la interacción de un sistema antes de que alcance las condiciones de equilibrio con el ambiente, que se conoce como estado muerto de referencia. (ÇENGEL; BOLES, 2013)

En el estado muerto, un sistema está a la temperatura y a la presión de su ambiente (en equilibrio térmico y mecánico), no tiene energía cinética o potencial relativa a su ambiente (velocidad cero y elevación cero por arriba del nivel de referencia) y no reacciona con el ambiente (químicamente inerte). Tampoco hay efectos de desequilibrio magnético, eléctrico y tensión superficial entre el sistema y sus alrededores, si éstos son relevantes para la situación específica.

En el estado muerto, un sistema se encuentra a la misma temperatura y presión que su entorno (en equilibrio térmico y mecánico). Además, en este estado, el sistema no posee energía cinética ni potencial en relación con su entorno, es decir, su velocidad y su elevación es Cero. También, en este estado, el sistema no interactúa con el entorno, lo que lo hace químicamente inerte. Cabe destacar que, en situaciones específicas, no se presentan desequilibrios magnéticos, eléctricos o de tensión superficial entre el sistema y sus alrededores, si estos son pertinentes para la situación específica. "Las propiedades de un sistema en el estado muerto se denotan mediante el subíndice cero, por ejemplo, P_0 , T_0 , h_0 , u_0 y s_0 . A menos que se especifique de otra manera, la temperatura y

la presión del estado muerto se suponen como $T_0 = 25 \text{ °C}$ y $P_0 = 1 \text{ atm}$ (101.325 kPa). Un sistema tiene exergía cero en el estado muerto" (ÇENGEL; BOLES, 2013)

La exergía en un volumen de control de régimen permanente puede ser calculada como:

$$\psi = H - T_0 S \quad (9)$$

Donde ψ es la exergía, H es la entalpia, T_0 es la temperatura en el estado muerto y S es la entropía.

La exergía en casos reales siempre se destruye, esto se debe por la entropía generada por irreversibilidad tales como la fricción, la mezcla, la transferencia de calor, etc. La exergía destruida es proporcional a la entropía generada.

3.7 Eficiencia exergética

En este presente trabajo de investigación se hallará la eficiencia exergética de algunas ciudades del Perú.

Si tenemos un volumen de control como una ciudad, En la mayoría de las ciudades la energía de entrada lo podemos establecer como petróleo y sus derivados, energía eléctrica y recursos naturales. Si tomamos en cuenta la ecuación 1 y la transformamos en eficiencia energética.

$$\eta_E = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{entrada}}} = 1 - \frac{E_{\text{salida}}}{E_{\text{entrada}}} \quad (10)$$

En ciudades donde su principal producción sea de energía eléctrica y/o petróleo y sus derivados, se podría determinar una eficiencia ya que esta producción se consideraría la energía de salida. Pero en una ciudad turística o ciudad industrial, no podríamos hallar o tener algún tipo de energía de salida. Debido a esto, no podríamos obtener una eficiencia energética en estas ciudades, en cambio como fue abarcado en la exergía la entropía generada dentro de una ciudad la destruye por irreversibilidad.

Y como dentro de las ciudades existen procesos irreversibles, partimos de la ecuación 1 transformándola en:

$$\eta_{II} = \frac{\text{Exergia recuperada}}{\text{Exergia de entrada}} = 1 - \frac{\text{Exergia destruida}}{\text{Exergia de entrada}} \quad (11)$$

Así, como dentro de una ciudad existen más de un flujo de entrada de exergía, existen varios procesos de destrucción de exergía. Por eso, la ecuación 11 se transforma en términos de sumatoria de todos los procesos de interés que pueden existir tanto en el flujo de entrada, como en la destrucción de exergía.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \psi_{destruida,i}}{\sum_{i=1}^n \psi_{entrada,i}} \quad (12)$$

En esta ecuación, se representa i como los procesos de interés dentro de la ciudad.

3.8 Cálculos de la energía y exergía.

Para calcular la energía y exergía dentro de una ciudad, partimos de una secuencia sugerida tal como es la ecuación 12.

Comenzando con la exergía de entrada, mostramos en una tabla la cantidad de combustible y energía eléctrica que la ciudad consume. El volumen de los combustibles consumidos por la ciudad, deben ser mostrado en la tabla en la medida de metros cúbicos (m^3). Este volumen (m^3) debe ser multiplicado con la densidad (kg/m^3) para obtener el consumo de los hidrocarburos en masa (kg).

Para hallar la energía de cada hidrocarburo, la masa consumida se debe multiplicar por el PCI (poder calorífico inferior) de cada hidrocarburo.

$$E = m * PCI_{Combustible} \quad (13)$$

Para obtener la exergía de entrada debemos multiplicar su energía por el factor alfa, que será mostrado en la tabla 5.

Tabla 5- Datos de obtención de energía y exergía

Combustible	Volumen(m3)	Densidad(kg/m3)	Masa(kg)	PCI (kJ/kg)	Energía (kJ)	Factor Beta (-)	Exergía (KJ)
Gasolina		750		44.000		1,07	
Diesel		840		42.000		1,06	
Etanol		810		26.000		1,08	
GLP		560		46.000		1,05	
Gas natural		0,78		37.000		1,02	
Electricidad	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
							Total

Fuente: Hartmann; Diaz (adaptado), 2021

Para el caso de la electricidad es un poco más simple, puesto que la energía eléctrica es la exergía, ya que el consumo de energía eléctrica está en kWh y no en J o kJ. Tenemos el factor de conversión que es 1 kWh = 3.600 kJ.

Para el cálculo de la exergía destruida debemos conocer y usar la eficiencia de cada proceso ocurrido dentro de ella, en la tabla 6 mostramos alguna eficiencia exergéticas de algunos procesos de interés dentro de la ciudad.

Tabla 6- Eficiencia exergética de procesos de interés dentro de la ciudad

Eficiencia exergética de algunos procesos de interés	
Proceso	Eficiencia Exergética
Motores a Combustión	25%
Motores eléctricos	76%
Consumo de electricidad (doméstico y comercial)	11,5% o 25%
GLP o Gas Natural	14,9%

Fuente: Hartmann; Diaz, 2021

La eficiencia exergética del consumo de electricidad (doméstico y comercial), depende del clima dentro de la ciudad, si la ciudad de interés es de clima cálido, su eficiencia será del 11,5% y si la ciudad de interés es de clima frío, su eficiencia será del 25%.

Entonces, para calcular la exergía destruida partimos de los valores de cada proceso, a través de la ecuación 14.

$$\psi_{destruida,i} = \psi_{entrada,i} \cdot (100 - \eta_{II,i}) \quad (14)$$

En donde i representa cualquier proceso en la ciudad de análisis. Entonces para obtener la exergía destruida lo representamos en a tabla 7.

Tabla 7- Datos para la obtención de la exergía destruida

Combustible	Exergía de entrada (GJ)	Eficiencia Exergética (n_{II})	Exergía destruida (GJ)
Gasolina	Calculado en la tabla 5	25%	ecuación (14)
Diesel	Calculado en la tabla 5	25%	ecuación (14)
Etanol	Calculado en la tabla 5	25%	ecuación (14)
GLP	Calculado en la tabla 5	14,9% o 25%	ecuación (14)
Gas natural	Calculado en la tabla 5	14,9% o 25%	ecuación (14)
Electricidad	Calculado en la tabla 5	11,5% o 25%	ecuación (14)
Total		Total	

Fuente: Hartmann; Diaz, 2021

Como en la mayoría de los procesos de interés dentro de una ciudad son por motores a combustión, también podemos usar en el GLP y gas natural una eficiencia del 25%.

3.9 Emisión de dióxido de carbono (CO₂).

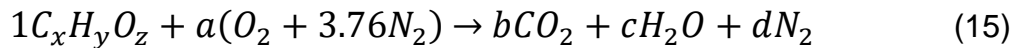
La emisión de CO₂ es un problema mundial que cada ha ido creciendo, la mayor producción de CO₂ proviene de las combustiones que producen los hidrocarburos al utilizarse de forma industrial, vehicular, etc. La emisión de CO₂ es la principal causa del calentamiento global.

Aunque existen emisiones de CO₂ de manera natural tal como las erupciones volcánicas, descomposiciones de plantas e incendios forestales ocurridos naturalmente, estos casi siempre se mantienen en equilibrio gracias a que el planeta tiene sus sistemas naturales, por ejemplo, tanto como las plantas y los océanos absorben y almacenan el dióxido de carbono. Sin embargo, los millones de toneladas de CO₂ que se emiten anualmente, sobre todo aquéllas procedentes de la combustión de hidrocarburos, sobrepasan estos procesos naturales, lo que resulta en una acumulación continua de CO₂ en la atmósfera, que provoca cambios globales.

3.10 Cálculo de la emisión de CO₂

Para el cálculo de emisión de CO₂ (dióxido de carbono), consideramos una combustión estequiométrica de los diferentes hidrocarburos con el aire seco padrón. El aire seco padrón es como un modelo del aire atmosférico, este está compuesto por el 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno (N₂).

La ecuación genérica para combustión estequiométrica es:



Donde:

C es el carbono, H es el hidrogeno, O es el oxígeno y N es el nitrógeno; x , y , z son la cantidad de los átomos del carbono, hidrogeno y oxigeno respectivamente presentes en el combustible; a viene a ser el número de moles de aire seco padrón necesarios para la reacción de combustión estequiométrica, b es el número de moles de CO₂, c es el número de moles de H₂O y d es el número de moles 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:

$$1x = b \times 1 \quad (15.1)$$

Y un resultado de:

$$b = x \quad (15.2)$$

. Con el elemento Hidrógeno, se obtendría una ecuación de:

$$1y = c \times 2 \quad (15.3)$$

Y un resultado de:

$$c = \frac{y}{2} \quad (15.4)$$

. Con el elemento Oxígeno, se obtendría una ecuación de:

$$1z + a \times 2 = b \times 2 + c \times 1 \quad (15.5)$$

Y un resultado de:

$$a = x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} \quad (15.6)$$

Es posible observar que el número de moles de CO₂ será el número de átomos de carbono presentes en el combustible. Para el cálculo de la masa del combustible y del CO₂ producido se debe utilizar el concepto de masa molar.

$$MM_i = \frac{m_i}{N_i} \quad (16)$$

Donde MM_i es la masa molar de un combustible i cualquiera, m_i es la masa de un combustible i cualquiera. Entonces la masa puede ser calculada como,

$$m_i = MM_i \times N_i \quad (17)$$

Así, el producto entre la masa de CO₂ producido y la masa de combustible,

$$FactorCO_2 = m_{CO_2} \times m_{combustible} \quad (18)$$

Puede ser calculada utilizando la masa molar y el número de moles producido en la combustión conforme en la ecuación 17.

$$FactorCO_2 = N_{CO_2} \times MM_{CO_2} \times MM_{combustible} \quad (19)$$

Considerando los resultados de cada elemento químico, la ecuación 19 puede ser reescrita como,

$$FactorCO_2 = \frac{x*MM_{CO_2}}{x.12+y.1+z.16} \quad (20)$$

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

Para el cálculo de la masa de CO₂ emitida se debe saber la masa del combustible consumido donde se debe hallar en la tabla 5. Con los estos datos obtenidos en los resultados podemos saber la masa emitida de CO₂ y calculada como,

$$m_{CO_2} = factorCO_{2Combustible} \times m_{Combustible} \quad (21)$$

3.11 Smart City

En la última década, la bibliografía sobre las Smart cities ha ido en aumento, sin embargo, aún no hay un consenso definitivo sobre su definición. Estas van a variar dependiendo de su origen académico, gubernamental, etc., no obstante, es destacado la necesidad de mejorar las condiciones de habitabilidad hacia los ciudadanos mediante decisiones del gobierno apoyados con el uso de las tecnologías. (Campos, S; Gonzales, B; Peláez, A; 2020)

Según Albino, Berardi y Dangelico (2015), el término se utilizó por primera vez en la década de 1990. En ese momento, la atención se centró en la importancia de las nuevas ICT (Information and communication technologies) con respecto a las infraestructuras modernas dentro de las ciudades. El Instituto de Comunidades Inteligentes de California fue uno de los primeros en centrarse en cómo las comunidades pueden volverse inteligentes y cómo se puede diseñar una ciudad para implementar tecnologías de la información.

Según la European Commission (2022), Una Smart City es aquel lugar donde tanto los servicios y los network se vuelven más eficientes implementando las soluciones digitales para los residentes y empresas.

Una ciudad inteligente trasciende la simple adopción de tecnologías digitales para una gestión más eficiente de recursos y la reducción de emisiones. Implica implementar sistemas de transporte urbano más inteligentes, mejorar el suministro de agua y sistemas de gestión de residuos, así como encontrar formas más eficientes de iluminar y climatizar viviendas y edificios. Además, se traduce en una administración urbana más interactiva y receptiva, la creación de espacios públicos más seguros y la satisfacción de las necesidades de una población en constante evolución. (European Commission, 2022)

Según Nam y Pardo (2011), el significado de la palabra "Smart" en un contexto de smart city puede contribuir el entendimiento de como el termino smart viene siendo usado, esto va a depender según el campo de estudio en el que se va aplicando. Siendo condicionado por diversos factores que puedes ser tecnológicos, Humanos e institucionales.

Según Albino, Berardi y Dangelico (2015), los componentes de una Smart city y sus aspectos relacionados a la vida urbana son:

- Smart Economy relacionado a la industria
- Smart People relacionado a la educación
- Smart Governance relacionado a la e-democracia
- Smart Mobility relacionado a la logística e infraestructura
- Smart Environment relacionado a la "EFICIENCIA" y la sustentabilidad
- Smart Living relacionado a la seguridad y calidad de vida

Precisamente es en este trabajo que se hallara la eficiencia exergetica de las ciudades más importantes del Perú.

4 Metodología:

Para obtener los datos recolectados, primero se tuvo que hacer una investigación de las entidades reguladoras de hidrocarburos y energía eléctrica en el Perú. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas (OSINERGMIN) y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), son las principales entidades reguladores del Perú.

Al consultar en las entidades los datos necesarios, la OSIGNERMIN nos proporcionó mediante su página web, los documentos del sistema de control de ordenes de pedido de combustibles (SCOPS-DOCS). En los cuales en dichos documentos se detallan las demandas nacionales de hidrocarburos por año comenzando desde el año 2006 hasta la actualidad.

Como nuestro trabajo investigativo se basa en el año 2019, se tuvo que recolectar los SCOPS de dicho año para las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.

En el caso de Lima y Callao se tiene unos documentos mucho más detallados de su demanda de hidrocarburos por distritos. Para los datos de Lima, se separaron los distritos netamente de Lima, se sumaron y se recopilaron sus datos en la tabla 8. En el caso de Arequipa y Cusco, se separaron los datos de la demanda nacional y también se recopilaron en la tabla 8.

Tabla 8- Consumo de los Hidrocarburos de Lima, Arequipa y Cusco del año 2019

Meses	Gasolina (Galones)			Diesel (Galones)			GLP Automotriz (Barriles)			GLP (Barriles)		
	Lim	Aqp	Cus	Lim	Aqp	Cus	Lim (Galones)	Aqp	Cus	Lim (Barriles)	Aqp	Cus
Enero	20.595.904	5.172.784	3.332.345	53.719.032	19.774.652	8.858.064	10.923.532	24.688,4	93	742.296,7	102.446,6	42.465
Febrero	19.949.692	4.686.528	2.958.396	48.992.272	15.297.940	7.693.812	10.236.100	23.086	56	592.019,6	86.795	35.952
Marzo	21.486.968	4.952.405	3.419.021	56.171.690	16.217.898	8.987.923	11.128.504	23.631,3	161,2	706.354	107.276,7	43.380,8
Abril	21.328.590	4.905.900	3.399.570	53.898.390	16.014.300	8.988.840	11.403.420	29.421	201	674.364	104.991	42.624
Mayo	20.418.119	4.883.461	3.430.677	59.579.954	17.371.563	9.039.104	12.030.325	26.734,4	223,2	717.468,6	116.676,6	50.764,8
Junio	19.279.020	4.524.030	3.368.040	54.187.530	16.590.720	8.817.210	11.093.700	25.473	132	725.763	107.080	41.519
Julio	19.752.549	4.842.138	3.487.717	57.578.749	16.199.639	9.351.832	12.707.923	31.024,8	248	755.849,8	107.258,2	49.040
Agosto	19.616.552	4.741.357	3.628.219	59.125.494	17.735.410	10.724.698	11.775.939	30.767,5	474,3	806.693	98.077,5	50.534,7
Septiembre	18.793.110	4.585.350	3.407.790	58.507.860	16.276.470	9.048.600	12.832.230	34.332	243	688.885	94.799	52.891
Octubre	19.949.120	5.048.753	3.615.468	58.061.760	18.011.248	9.486.155	12.951.893	37.683,6	201,5	757.028,4	87.677,4	54.207,5
Noviembre	19.882.590	4.809.900	3.481.140	59.886.690	17.221.920	9.088.500	13.041.570	42.252	222	692.867	124.629	55.345
Diciembre	21.644.851	5.350.166	3.644.515	62.225.618	18.365.671	9.233.443	13.114.302	42.758,3	496	702.822,1	122.193,7	53.171
Total 2019	242.697.065	58.502.772	41.172.898	681.935.039	205.077.431	109.318.181	143.239.438	371.852,3	2.751,2	8.562.411,2	1.259.900,7	571.894,8

Fuente: el autor, 2022

Los consumos de energía eléctrica para las ciudades seleccionadas se encontraron en el ``Mapa de ventas de energía eléctrica y número de clientes 2019 (Anexo 5)`` del anuario estadístico de electricidad del 2019 brindados por la página web del MINEM. El MIMEN cada año elabora y lanza en su página web los anuarios estadísticos de electricidad del Perú.

La OSIGNERMIN en sus SCOPS-DOCS no tiene datos registrados sobre el gas natural, y para recolectar estos datos del gas natural. Primero investigamos las entidades distribuidoras de gas natural para las ciudades estudiadas.

Para Lima, la empresa que brinda exclusivamente gas natural es Gas Natural de Lima y Callao - CALIDDA. Los datos de consumo de Gas natural lo encontramos en su ``Informe de clasificación de riesgo`` del año 2020.

El gas natural para Arequipa en el año 2019 era distribuido por la extinta empresa Gas Natural Fenosa Perú S.A, que después operaba bajo el nombre de la también extinta empresa Naturgy Perú. Esta empresa tenía licitación para hacer llegar gas natural a las ciudades de Arequipa, Moquegua, Ilo y Tacna. Al consultar en la página web de la empresa multinacional, no pudimos obtener datos algunos, debido a que ya existe alguna vinculación con el estado peruano.

En el ``Informe Anual Integrado del 2019`` de la empresa Naturgy, hace referencia que el en año 2019 Naturgy Perú solo distribuía Gas Natural a la ciudad de Arequipa.

Los Datos de la extinta Naturgy Perú, se encontraron en el ``Anuario estadístico del 2019 del subsector hidrocarburos`` publicado por la MINEM.

El gas natural en el Perú es muy explotado, y a pesar de que el yacimiento más grande del Perú se encuentre en Cusco, esta ciudad no tiene registros de consumo de gas Natural ni por los órganos reguladores, ni por alguna empresa distribuidora de gas natural.

Para el investigador es un tema preocupante que el lugar donde se explota este recurso no reciba el mismo recurso explotado para su consumo.

Para obtener la tabla 9, recopilamos los datos de energía eléctrica brindados por la MINEM y los datos de gas natural brindados por las empresas distribuidoras. Así mismo incluimos en la tabla 9 el consumo total de los hidrocarburos del año 2019 de las diferentes ciudades estudiadas.

Tabla 9- Consumo de energético de Lima, Arequipa y Cusco de año 2019

Consumo energético 2019			
Consumo energético	Lima	Arequipa	Cusco
Energía Eléctrica	17.864,9 GWh	5.320,8 GWh	2.367,7 GWh
GLP	8.562.411,2 BBL	1.259.900,7 BBL	571.894,8 BBL
Gasolina	242.697.065 gal	58.502.772 gal	41.172.898 gal
GLP Automotriz	143.239.438 gal	371.852,3 BBL	2.751,2 BBL
Diesel	681.935.039 gal	205.077.431 gal	109.318.181 gal
Gas Natural **	637 MMPCD	2,56 MMPCD	-
Gas Natural *	146 MMPCD	0,15 MMPCD	-

Fuente: el autor, 2023

5 Resultados y discusión:

Para poder obtener los resultados que deseamos, primero tenemos que hacer una conversión y equivalencia del volumen de los hidrocarburos de la tabla 9, a una unidad de medida que sea más cómoda para desarrollar, como lo es la unidad volumétrica de metros cúbicos (m^3).

La tabla 10 tiene las medidas de conversión usados por el OSIGNERMIN, estos se pueden encontrar en cualquier `` Boletín estadístico trimestral de Gas Natural``.

Tabla 10- Factores de Conversión de unidades y equivalencias

Factores de Conversión de Unidades y Equivalencias		
Medida a convertir		Metro Cúbico (m^3)
Barril	1 BBL	0,158988
Galón	1 gal	0,00378541
Pies cúbicos	PC (ft^3)	0,028317
Millones de pies cúbicos por día	1 MMPCD	10.335.705

Fuente: el autor, 2023

Al modificar la tabla 9 con las equivalencias de la tabla 10, obtenemos nuestros datos de la tabla 11 convertidos en metros cúbicos (m³) para los hidrocarburos.

Tabla 11-Consumo Energético de las ciudades convertido en metros cúbicos

Consumo energético 2019 (m3)			
Consumo energético	Lima	Arequipa	Cusco
Energía Eléctrica	17.864,9 GWh	5.320,8 GWh	2.367,7 GWh
GLP	32.412,24	4.769,24	2.164,86
Gasolina	918.707,9	221.456,98	155.856,3
GLP Automotriz	542.220	59.120,05	437,41
Diesel	2.581.403,72	776.302,16	413.814,14
Gas Natural **	6.583.844.085	26.459.404,80	-
Gas Natural *	1.509.012.930	1.550.355,75	-

Fuente: el autor, 2023

Con esta equivalencia de datos hallados, sé es mucho más fácil hallar el consumo de estos hidrocarburos en masa (Kg). esto debido a que podemos multiplicar el volumen (m³) de los hidrocarburos por la densidad (Kg/m³) de cada uno de ellos.

Al obtener la masa consumida, podemos desarrollar y hallar:

- Energía, Exergía y la eficiencia exergética de las ciudades de interés
- La emisión de CO₂ de las ciudades ya mencionadas

5.1 Energía, exergía y eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.

La secuencia que utilizamos en esta investigación es:

Como necesitamos primero la exergía de entrada (E_{entrada}). Utilizaremos los datos de la tabla 11 de las cantidades de hidrocarburos y de energía eléctrica consumidos por las ciudades Lima, Arequipa y Cusco en el año 2019.

Para hallar la energía se debe usar la ecuación 13, y después hallamos la E_{entrada} multiplicando la energía obtenida con el factor beta. Este proceso se

realizará para cada hidrocarburo consumido y para cada ciudad de nuestro interés. El resultado se mostrará en la tabla 12.

En la tabla 12 se nos muestra los datos calculados de la exergía de entrada de combustibles líquidos y gaseosos. Como se tienen los valores de consumo de combustible por año, el valor de la tasa de energía será por año (J/año).

En el caso de la energía eléctrica, el proceso es más simple. Ya que, en términos de definición de exergía de una corriente eléctrica, esta viene a ser la propia energía.

La energía eléctrica consumida por las diferentes ciudades, lanzados por el MINEM está dado en unidades de Gigavatio-hora (GWh).

Como nosotros vamos a trabajar la Exergía de entrada en términos de Joule (J), trabajamos con el factor de conversión de $1 \text{ GWh} = 3600 \text{ GJ}$. Con estos datos, podemos completar la tabla 12 y hallar el flujo de entrada de exergía de las diferentes ciudades de nuestro interés.

Tabla 12- Tabla desarrollada para obtener la masa, energía y exergía de las ciudades

Ciudad	Combustible	Volumen [m3]	Densidad [kg/m3]	Masa [kg]	PCI [kJ/kg]	Energía [kJ]	Factor alfa [-]	Exergía [kJ]
Lima	Gasolina	918.707,90	750	689.030.922,62	44.000	3,03E+13	1,07	3,24E+13
	Diesel	2.581.403,72	840	2.168.379.121,42	42.000	9,11E+13	1,06	9,65E+13
	GLP Automotriz	542.220	560	303.643.200,56	46.000	1,40E+13	1,05	1,47E+13
	GLP	32.412,24	560	18.150.852,71	46.000	8,35E+11	1,05	8,77E+11
	Gas Natural **	6.583.844.085	0,78	5.135.398.386,30	37.000	1,90E+14	1,02	1,94E+14
	Gas Natural *	1.509.012.930	0,78	1.177.030.085,40	37.000	4,36E+13	1,02	4,44E+13
	Energía Eléctrica	NA	NA	NA	NA	6,43E+13	NA	6,43E+13
Total								4,47E+14
Arequipa	Gasolina	221.456,98	750	166.092.733,62	44.000	7,31E+12	1,07	7,82E+12
	Diesel	776.302,16	840	652.093.812,79	42.000	2,74E+13	1,06	2,90E+13
	GLP Automotriz	59.120,05	560	33.107.229,94	46.000	1,52E+12	1,05	1,60E+12
	GLP	4.769,24	560	2.670.774,80	46.000	1,23E+11	1,05	1,29E+11
	Gas Natural **	26.459.404,80	0,78	20.638.335,74	37.000	7,64E+11	1,02	7,79E+11
	Gas Natural *	1.550.355,75	0,78	1.209.277,49	37.000	4,47E+10	1,02	4,56E+10
	Energía Eléctrica	NA	NA	NA	NA	1,92E+13	NA	1,92E+13
Total								5,86E+13
Cusco	Gasolina	155.856,30	750	116.892.224,86	44.000	5,14E+12	1,07	5,50E+12
	Diesel	413.814,14	840	347.603.873,85	42.000	1,46E+13	1,06	1,55E+13
	GLP Automotriz	437,41	560	244.948,36	46.000	1,13E+10	1,05	1,18E+10
	GLP	2.164,86	560	1.212.319,53	46.000	5,58E+10	1,05	5,86E+10
	Gas Natural **	-	0,78	0	37.000	0	1,02	0
	Gas Natural *	-	0,78	0	37.000	0	1,02	0
	Energía Eléctrica	NA	NA	NA	NA	8,52E+12	NA	8,52E+12
Total								2,96E+13

Fuente: el autor, 2023

Para determinar la exergía destruida, tomamos como referencia la tabla 7. En donde conocemos las eficiencias a usar en cada proceso de interés que generalmente ocurre dentro de una ciudad.

En general, la eficiencia exergética para la energía eléctrica en ciudades cálidas es muy bajo, es alrededor del 11,5%. Esto se debe a que, en este tipo de ciudades la utilización de aires acondicionados y refrigeradoras es muy común. Y la eficiencia exergética para estos aparatos es muy baja. En cambio, en ciudades frías la eficiencia exergética para la energía eléctrica es un poco mayor, es alrededor del 25%.

La eficiencia exergética para vehículos que usan motores a combustión es de aproximadamente 25% y para vehículos que usan motores eléctricos es aproximadamente del 76%.

Hallamos la exergía destruida de cada ciudad de interés, mediante los valores de eficiencia exergética de cada proceso, a través de la ecuación 14.

Para determinar si una ciudad es fría o es una ciudad cálida, debemos ver los registros del clima para las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco en el año 2019.

Al consultar los climas de las ciudades mencionadas.: Tenemos una temperatura promedio para la ciudad de lima, en verano seria de 24 °C y en invierno de 17 °C, para Arequipa una temperatura promedio en verano seria de 17 °C y en invierno seria de 14 °C y en Cusco una temperatura promedio en verano seria de 12 °C y en invierno de 9 °C. Este promedio de las temperaturas se determinó con las temperaturas máximas y temperaturas mínimas de cada ciudad en consideración.

Al comparar las temperaturas promedio, podemos considerar que Lima es una ciudad cálida y tanto como Arequipa y Cusco los consideramos como ciudades frías.

La tabla para obtener la exergía destruida tiene como base las diferentes exergías de entrada halladas en la tabla 12 y las eficiencias exergéticas de cada proceso determinadas. Modificando la tabla 7 con lo determinado obtenemos la tabla 13.

Tabla 13 – obtención total de exergía destruida de las ciudades Lima, Arequipa y Cusco

Ciudad	Combustible	Exergía de entrada (GJ)	Eficiencia exergética	Exergía Destruída (GJ)
Lima	Gasolina	3,24E+07	25%	2,43E+07
	Diesel	9,65E+07	25%	7,24E+07
	GLP Automotriz	1,47E+07	25%	1,10E+07
	GLP	8,77E+05	14,90%	7,46E+05
	Gas Natural **	1,94E+08	25%	1,45E+08
	Gas Natural *	4,44E+07	14,90%	3,78E+07
	Energía Eléctrica	6,43E+07	11,50%	5,69E+07
Total				3,49E+08
Arequipa	Gasolina	7,82E+06	25%	5,86E+06
	Diesel	2,90E+07	25%	2,18E+07
	GLP Automotriz	1,60E+06	25%	1,20E+06
	GLP	1,29E+05	14,90%	1,10E+05
	Gas Natural **	7,79E+05	25%	5,84E+05
	Gas Natural *	4,56E+04	14,90%	3,88E+04
	Energía Eléctrica	1,92E+07	25%	1,44E+07
Total				4,39E+07
Cusco	Gasolina	5,50E+06	25%	4,13E+06
	Diesel	1,55E+07	25%	1,16E+07
	GLP Automotriz	1,18E+04	25%	8,87E+03
	GLP	5,86E+04	14,90%	4,98E+04
	Gas Natural **	0	25%	0
	Gas Natural *	0	14,90%	0
	Energía Eléctrica	8,52E+06	25%	6,39E+06
Total				2,22E+07

Fuente: el autor, 2023

Al elaborar la tabla 13, los valores de eficiencia exergética para la gasolina, Diesel, GLP automotriz y Gas Natural** es de 25%, ya que estos combustibles se usan mayormente para motores a combustión. Así mismo, para GLP y Gas Natural* se usa la eficiencia exergética de estos mismo que es 14,9%, ya que estos hidrocarburos pueden ser usados de forma residencial, comercial, industrial, etc.

Como se mencionó antes, para ciudades frías y ciudades cálidas tienen diferentes porcentajes de eficiencia exergética. Como se consideró a Lima una ciudad cálida este utiliza el 11,9%, mientras que Arequipa y Cusco son ciudades frías su eficiencia exergética a utilizar es 25%.

Ya que se pudo hallar la exergía destruida, se puede determinar el cálculo de la eficiencia exergética de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco. Con la ecuación 11 y también con la totalidad de flujo de entrada para cada ciudad estudiada.

Podemos determinar que la eficiencia Exergética:

- . De la ciudad de Lima es el 22,03%
- . De la ciudad de Arequipa es el 24,97%
- . De la ciudad del Cusco es el 24,98%

Así como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14 - eficiencia exergética de Lima, Arequipa y Cusco

Ciudad	Exergía total Entrada (GJ)	Exergía total Destruida (GJ)	Eficiencia exergetica de la ciudad
Lima	4,47E+08	3,49E+08	22,03%
Arequipa	5,86E+07	4,39E+07	24,97%
Cusco	2,96E+07	2,22E+07	24,98%

Fuente: el autor, 2023

Estas cifras de eficiencia indican que las ciudades de Lima, Arequipa y Cuzco tienen aún un margen considerable para su desarrollo y la mejora de sus eficiencias. Es evidente que existe un notable potencial para implementar mejoras significativas en este aspecto.

Si bien Lima, como la capital del Perú, ostenta la mayor entrada de exergía en el territorio nacional, su eficiencia es la más baja entre las tres ciudades. En contraste, tanto Arequipa como Cuzco, con su eficiencia al borde del 25%, destacan como las más eficientes. Es importante señalar que el clima de estas ciudades también juega un papel significativo en este panorama, ya que las eficiencias consideradas para climas distintos son diferentes. Asimismo, un aspecto clave para mejorar la eficiencia radica en la entrada de exergía a través de motores a combustión, ya que es la que mas abarca en todas las ciudades del Perú, es necesario una evolución a motores eléctricos y sus necesidades. Esta evolución podría ser una parte clave e importante para el aumento de las eficiencias de las ciudades, ya que como podemos observar en la tabla 6 el ítem de motores eléctricos se considera del 76% siendo esta la más alta eficiencia considerada.

Entonces, el potencial del incremento de las eficiencias exergéticas de estas ciudades se encuentra vinculado a la mejora de la infraestructura en el sector del transporte, dado que representa la entrada exergética más significativa entre las diversas áreas urbanas.

5.2 Emisión de CO₂ de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.

Para hallar la Emisión del CO₂ de las diferentes ciudades de interés, utilizamos la masa consumida de los diferentes hidrocarburos hallados en la tabla 12.

Para hallar el factor de CO₂ de cada hidrocarburo, debemos utilizar la ecuación 15, ya que conocemos las diferentes composiciones químicas de cada combustible de interés. Mostrados y calculados en la tabla 15.

Y por último para hallar la masa de CO₂ producidos para las diferentes ciudades, se utiliza la ecuación 16, hacemos una suma de los del CO₂ producido para hallar la emisión total de cada ciudad.

Tabla 15 – Emisión de dióxido de carbono por ciudades

Ciudad	Combustible	Masa(kg)	Composición Química	Factor CO ₂	Emisión CO ₂ (Tn)
Lima	Gasolina	6,89E+08	C8H18	3,088	2,13E+06
	Diesel	2,17E+09	C16H34	3,115	6,75E+06
	GLP	3,22E+08	C3,5H9	3,02	9,72E+05
	Gas Natural	6,31E+09	CH4	2,75	1,74E+07
	Total				
Arequipa	Gasolina	1,66E+08	C8H18	3,088	5,13E+05
	Diesel	6,52E+08	C16H34	3,115	2,03E+06
	GLP	3,58E+07	C3,5H9	3,02	1,08E+05
	Gas Natural	2,18E+07	CH4	2,75	6,01E+04
	Total				
Cusco	Gasolina	1,17E+08	C8H18	3,088	3,61E+05
	Diesel	3,48E+08	C16H34	3,115	1,08E+06
	GLP	1,46E+06	C3,5H9	3,02	4,40E+03
	Total				

Fuente: el autor, 2023

La emisión de CO₂ que vemos en la tabla 15, es un resultado de una alta demanda de combustible producto de un alto flujo de vehículos con motores a combustión, también es debido a su uso industrial, comercial y residencial.

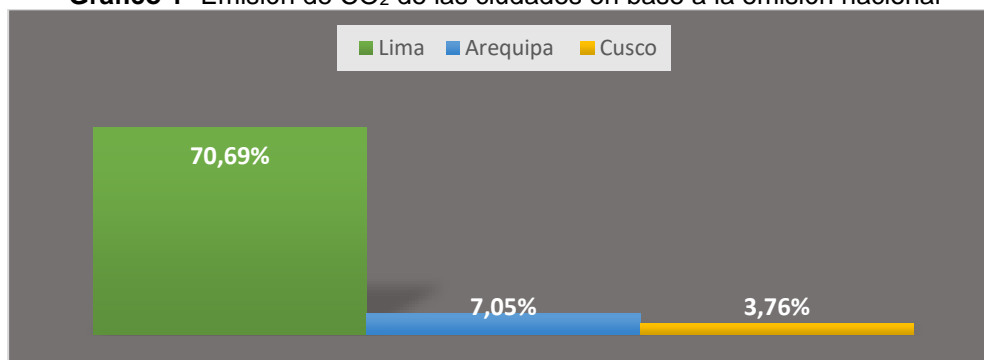
En Lima, obtuvimos que la emisión de CO₂ es de 2,72 E+07 toneladas de CO₂. Es la ciudad que más hidrocarburos consumió en todo el Perú. El INEI en su informe técnico “Flujo vehicular por unidades de peaje”, De todo el flujo vehicular que hubo en el Perú en el año 2019, Lima tuvo el 25.64%, siendo el gas natural el hidrocarburo más consumido por los limeños para uso en su vehículo por el bajo costo que tiene.

Las empresas en Lima también ayudaron a su alta emisión de CO₂, según el INEI Lima en el 2019 tenía el 45,2% de empresas de todo el Perú.

En Arequipa, hubo mucho menos emisión de CO₂ con 2,71E+06 toneladas de CO₂. Y aunque es menor que Lima, esto se debe también a su consumo en combustibles. En los mismos informes dados por el INEI, detalla que Arequipa tuvo un flujo vehicular del 8,25% de todo el Perú, y su densidad empresarial es del 5,5% y aunque parezca poco es la segunda ciudad con más empresas de todo el Perú con 151 544 empresas.

Como vemos en los resultados, Cusco es una ciudad que emite mucho menos CO₂, con 1,45E+06 Tonelada de CO₂, a comparación de las ciudades ya mencionadas. Es preocupante esta emisión, pero podría ser más baja todavía si se utilizara gas natural en vez de los otros hidrocarburos. En los informes dados por el INEI, Cusco tuvo en el 2019 un flujo vehicular del 2,66% y una densidad empresarial de 3,9%, siendo la quinta ciudad con más empresas en todo el Perú

Gráfico 1- Emisión de CO₂ de las ciudades en base a la emisión nacional



Fuente: el autor, 2023

Según el INEI, en su "Anuario Estadístico Ambiental" nos señala que la cantidad de CO₂ en el año 2019 fue de 38.496,8 miles de toneladas. En base a ese dato y según el análisis realizado, Lima genero el 70,69% de la emisión total de ese año, Arequipa el 7,05% y cusco el 3,76%. Es necesario bajar estas emisiones y los gobiernos regionales deben de desarrollarse para obtener una mayor eficiencia y una menor emisión de dióxido de carbono.

6 El Perú y ciudades inteligentes.

Para analizar las ciudades de Lima, Arequipa y Cuzco, las condiciones de ser una Smart city, primero mostraremos los acercamientos que ha tenido el Perú en desarrollo con ciudades inteligentes.

Desde el poder el poder legislativo, desde el 2016 en el Perú se proponen proyectos de leyes vinculados directamente con el desarrollo de ciudades Inteligentes.

En Julio del 2017, se presentó la "LEY QUE PROMUEVE Y GARANTIZA LA EJECUCION DEL PLAN NACIONAL DE CIUDADES INTELIGENTES, A TRAVÉS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES" (Proyecto de Ley 01630/2016-CR).

“El objeto de la presente Ley es promover y garantizar la ejecución del Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con la finalidad de ser un Estado con estándares altos en bienestar social, desarrollo económico y competitividad, que promueve la igualdad de oportunidades; al suministrar a través del uso intensivo, desarrollo de la banda ancha y la Tecnología de la Información y la Comunicación - TIC, adelantos tecnológicos y modernización de su uso en las ciudades y sus entornos rurales, para que exista una adecuada interconexión entre los ciudadanos, autoridades, instituciones públicas y privadas, y sociedad civil organizada.” (Perú, 2017,p.1)

Producto de este proyecto de ley, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) junto con el ingeniero Wilmer Narvaez se presentó la “Estrategias de Implementación de Ciudades Inteligentes” como una documentación complementaria ante este proyecto. Dentro de la misma se tenía la visión que para el año 2021:

“Ser un país con mayor **bienestar social** y mejor **competitividad**, que promueve la **igualdad de oportunidades** gracias al uso intensivo y desarrollo de las **Tecnologías de la Información y la Comunicación** (TIC) y la Banda Ancha. ” (MTC, Narvárez, 2018)

Se marcaron objetivos los cuales este eran:

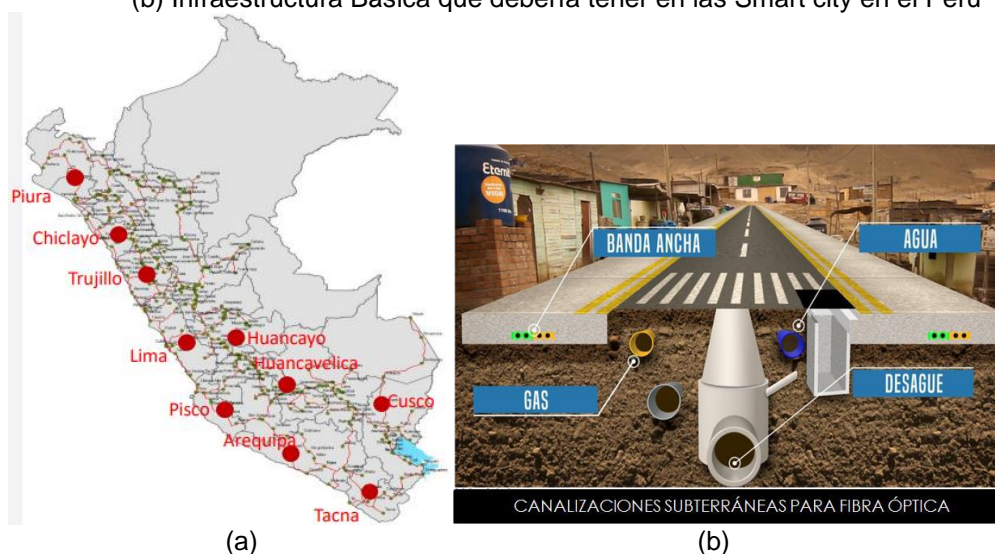
- Elaborar un Plan maestro de ciudades inteligentes, estableciendo un modelo que defina los estándares e indicadores.
- Desarrollar proyectos piloto centrándose en: La seguridad ciudadana, el tráfico vehicular y gestión de riegos de desastres.

En segunda instancia, se proponía también en la intensificación del aumento de banda ancha (fijo y móvil), adoptar nuevas plataformas tecnológicas TIC y desarrollarlas para formar y capacitar a los gobiernos locales y regionales.

Para el ingeniero, se tenía que tres criterios de selección para proyectos piloto de ciudades inteligentes en el Perú, estas son:

1. Seleccionar ciudades que cuenten con infraestructura mínima de telecomunicaciones, capacidad en recursos humanos y económicos.
2. Disponer de planes de desarrollo urbano y catastro, estableciendo sus objetivos y prioridades.
3. Repotenciar la infraestructura básica.

Gráfico 2 - (a) ciudades con potencial para desarrollar una Smart city según Narváez, (b) Infraestructura Básica que debería tener en las Smart city en el Perú



Fuente: Narváez; MTC, 2018

El congreso de la república (2019) aprobó el dictamen recaído por el Proyecto de ley 01630/2016 – CR, sustituyendo el texto a “Ley que declara de interés nacional y necesidad pública la promoción de Ciudades Inteligentes y Sostenibles y adecuada la legislación de los gobiernos regionales y locales”.

A pesar de su aprobación, por acuerdo del Consejo Directivo N° 19-2021-2022/CONSEJO-CR, el 17 de agosto del 2021 este proyecto fue mandado al archivo del congreso.

Otro proyecto de ley que fue archivado ese mismo día fue la “LEY QUE PROMUEBE EL DESARROLLO DE CIUDADES INTELIGENTES Y EDUCADORAS EN EL PERU” (Proyecto de ley 07879/2020-CR), esta fue presentada en el 2021 y “El objeto de esta Ley era promover el desarrollo de ciudades inteligentes y educadoras en el Perú a través del uso de las tecnologías de la información y comunicación, priorizando la educación como herramienta de transformación social situándola como eje central del proyecto de ciudad”.

Por otro lado, se han presentado proyectos de leyes que hasta la fecha no se terminaron de concluir dentro del poder legislativo del Perú, estos proyectos son:

- LEY QUE FOMENTA LA IMPLEMENTACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES SOSTENIBLES. (Proyecto de ley N° 03040/2022-CR)
- LEY QUE PROMUEVE EL DESARROLLO DE CIUDADES DIGITALES Y EDUCADORAS EN EL PERÚ. (Proyecto de ley N° 03159/2022-CR)
- LEY QUE ESTABLECE EL MARCO REGULATORIO DE LAS CIUDADES INTELIGENTES. (Proyecto de ley N° 03454/2022-CR)
- LEY QUE PROMUEVE EL DESARROLLO DE CIUDADES INTELIGENTES EN EL PERÚ. (Proyecto de ley N° 03658/2022-CR)
- LEY QUE PROMUEVE LA IMPLEMENTACIÓN PROGRESIVA DE CIUDADES INTELIGENTES Y EDUCADORAS. (Proyecto de ley N° 04808/2022-CR)

A pesar de esto, en el Perú si existe un marco normativo para las Ciudades inteligentes, estos pilares son:

- Decreto Legislativo N° 1412 que aprueba la Ley de Gobierno Digital, publicado el 13 de setiembre de 2018
- Decreto de Urgencia N° 006-2020 que crea el Sistema Nacional de Transformación Digital, publicado el 09 de enero de 2020
- Decreto Supremo N° 029-2021-PCM que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1412 que aprueba la Ley de Gobierno Digital y establece disposiciones sobre uso de tecnologías digitales en el procedimiento administrativo, publicado el 19 de febrero de 2021
- Decreto Supremo N° 157-2021-PCM que aprueba el Reglamento del Decreto de Urgencia N° 006-2020, que crea el Sistema Nacional de Transformación Digital, publicado el 25 de setiembre de 2021

Y con esas bases, La secretaria de Gobierno y Transformación Digital de la presidencia del consejo de ministros junto con la Embajada de la República de Corea en Perú, el líder de la estrategia nacional de ciudades inteligentes Martin Sarango en julio del 2022 expuso "PROMOVIENDO LAS CIUDADES INTELIGENTES".

Sarango junto con su comité de expertos, tenían el propósito de analizar los antecedentes y diseñar la "Estrategia Nacional" para la gestión e impulso de ciudades inteligentes. Así mismo, la "Estrategia Nacional de Ciudades Inteligentes" proponía:

- Definir los ejes, objetivos y acciones estratégicas para la implementación de Ciudades Inteligentes en el Perú.
- Promover ciudades que proporcionen un entorno confiable y sostenible para mejorar la calidad de vida y facilitar el ejercicio de la ciudadanía digital.
- Impulsar políticas públicas en TIC para maximizar la productividad, competitividad y gobernanza de las ciudades.
- Contribuir al despliegue de las Ciudades Inteligentes en el país para alcanzar los Objetivos Nacionales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Es así como el 21 de setiembre del 2022 se publicó la primera versión de "ESTRATEGIA NACIONAL DE CIUDADES INTELIGENTES". En este libro, los ejes principales para una ciudad inteligente son:

- ✓ E1 - Movilidad, Transporte y Control de Tráfico
Priorización de infraestructura y medios de transporte masivo integrado, apoyados en las TIC que permitan una gestión, fiscalización y control inteligente; como también información y asistencia al ciudadano.
- ✓ E2 - Defensa Civil y Seguridad Ciudadana
Impulsar Centros Integrados de monitoreo y control de seguridad, sistemas de alerta temprana, como la prevención y mitigación de desastres.

✓ E3 - Medio Ambiente y entorno urbano inteligente

Impulsar la protección y remediación del entorno natural, mejoramiento de los espacios urbanos y la adopción de prácticas ecológicas destinadas a la protección del medio ambiente.

✓ E4 - Gobierno Digital y Servicios Digitales

Impulsar las infraestructuras, equipamientos, programas y sistemas digitales y de telecomunicaciones para facilitar el ejercicio la ciudadanía digital, la participación y codecisión en los asuntos públicos.

✓ E5 - Educación y Talento Digital

Impulsar la alfabetización y la inclusión digital con equidad. Promover procesos de gestión del conocimiento.

✓ E6 - Economía Digital

Impulsar modelos de economía circular, Industria 4.0 e industria digital, microfinanzas, emprendimiento, turismo digital, etc.

✓ ET - Eje Transversal: Ciudad inteligente y sostenible

Alinear la estrategia a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030), al Acuerdo de París, y a la Nueva Agenda Urbana (NAU), que permita resolver problemas y crear nuevas oportunidades de desarrollo, mejorando la calidad de vida de las comunidades.

Siendo este la primera versión de la estrategia nacional, al seguir desarrollándose podrán irse modificando puesto que se encontrarán nuevos desafíos y nuevas posibles soluciones, entonces los ejes principales pueden ir cambiando a un futuro.

Es probable que las ciudades de Lima, Arequipa o Cuzco puedan ser una de las ciudades inteligentes pioneras en el Perú, cada una de estas ciudades tiene diferentes características y tuvo diferente crecimiento interno. No obstante, el desarrollo que se desea lo necesitamos hacer para cualquier tipo de ciudad.

6.1 Lima

Lima Metropolitana o ciudad de Lima, es la capital de la República del Perú, esta se encuentra en el departamento de Lima. Está ubicada la parte central de la costa del país junto a las orillas del océano pacífico, la metrópolis se encuentra flanqueada por el desierto de la costa y extendiéndose a lo largo de los valles de los ríos Chillón, Rímac y Lurín. (Municipalidad de Lima, SF)

En el año 2021, la municipalidad de Lima y la municipalidad de Seúl encabezados por los alcaldes Jorge Muñoz y Oh Se-honn respectivamente, firmaron un memorándum de entendimiento con el propósito de promover la colaboración entre ambas entidades, con la finalidad de hacer de Lima una ciudad inteligente.

Gráfico 3 - Jorge Muñoz y Oh Se-honn presentando el memorándum.



Fuente: Municipalidad de Lima, 2021

Miraflores, un distrito de la ciudad de Lima, en el año 2022 firmo un contrato con el consorcio austriaco-español CKcity para que el proyecto de ser este distrito la primera "ciudad inteligente" comience a realizarse. En este proyecto, la ciudad contará con un aumento de seguridad digital con ayuda de softwares, sensores y cámaras, así mismo la seguridad distrital (Serenazgo) estará conectada con la policía nacional en tiempo real.

Según la municipalidad de Miraflores (2022), el distrito abre oportunidades para que otras ciudades puedan desarrollar proyectos similares y así estar a la altura de otras ciudades importantes del mundo con relación a seguridad ciudadana y movilidad urbana.

Gráfico 4 - alcalde de Miraflores Luis Molina y Emilio Herrera, director CKcity



Fuente: Municipalidad de Miraflores, 2022.

6.2 Arequipa

Arequipa es la ciudad y metrópolis del departamento del mismo nombre, desde 1979 es considerada la Capital Jurídica y la Sede Oficial del Tribunal Constitucional. Esta es conocida como la "ciudad blanca" por el sillar presente en su arquitectura en su casonas coloniales y republicanas, es por eso que en el año 2000 la Unesco la declaró al centro histórico Patrimonio Cultural de la Humanidad. (Municipalidad de Arequipa, SF; Universidad Continental, 2021)

Actualmente en Arequipa, aunque oficialmente no hay proyectos directamente con ciudades inteligentes, existen trabajos que referencian a esta ciudad con una propuesta de ciudad inteligente. La municipalidad de Arequipa podría tomar en cuenta estos proyectos y redirigiendo sus proyectos en base a una ciudad sostenible a una ciudad inteligente y sostenible.

6.3 Cusco

Cusco, la capital historia del Perú, es la capital de la región del mismo nombre. Cusco es una ciudad muy importante históricamente debido a que este fue la capital incaica del Tahuantinsuyo, esta ciudad es singular debido a que es considerada el ombligo del mundo y también porque aún se conservan 2 tipos de arquitecturas, la española y la incaica. Por eso en 1983 fue declarado por la UNESCO Patrimonio Cultural del Mundo. (Municipalidad de Cusco, 2005)

La municipalidad de Cusco y Korea Land & Housing Corporation (LH), en el año 2020 firmaron el "Memorandum of Understanding" (MOU) de cooperación mutua, el cual permite desarrollar un proyecto de ciudad inteligente en el predio

del aeropuerto Alejandro Velasco Astete. Con este proyecto buscan proponer resolver problemas urbanos y ser un motor de crecimiento para la ciudad. (Municipalidad de Cusco, 2020)

En este MOU, las áreas de cooperación entre la municipalidad de Cusco y LH son:

- Compartir información, tecnología, experiencia y conocimientos sobre el desarrollo urbano.
- Cooperación en el desarrollo general de la ciudad inteligente en el terreno del aeropuerto Alejandro Velasco Astete.
- Cooperación en proyectos futuros de Cusco.
- Cooperación en descubrir nuevos proyectos y ejecución conjunta.

Gráfico 5 - alcaldesa de Cusco Romi Infantas y presidente de LH, Chang Hum Byum.

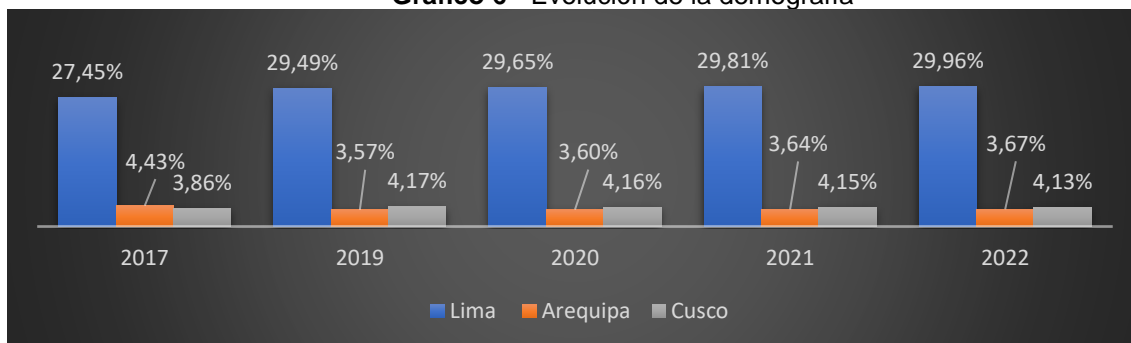


Fuente: Municipalidad de Cusco, 2020.

6.4 Análisis General de las ciudades.

Según el instituto nacional de estadística e informática (INEI), el último censo que fue realizado en el 2017, el Perú tenía una población de 31.237.385 ciudadanos censados. En el cual las ciudades del Lima, Arequipa y Cusco tenían el 27,45%, 4,43% y 3,86% respectivamente de la población total, así mismo el INEI proyecto para el 2019, 2020, 2021, y 2022 una población de 32.131.400, 32.625.948, 33.035.304 y 33.396.698 de peruanos respectivamente, en la gráfica 6 se observa la evolución de la demografía de la población de cada ciudad.

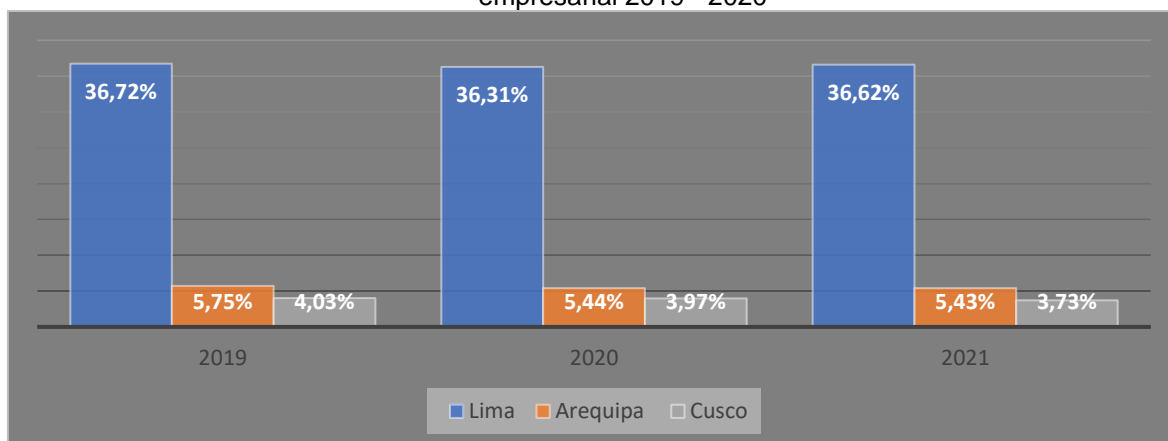
Gráfico 6 - Evolución de la demografía



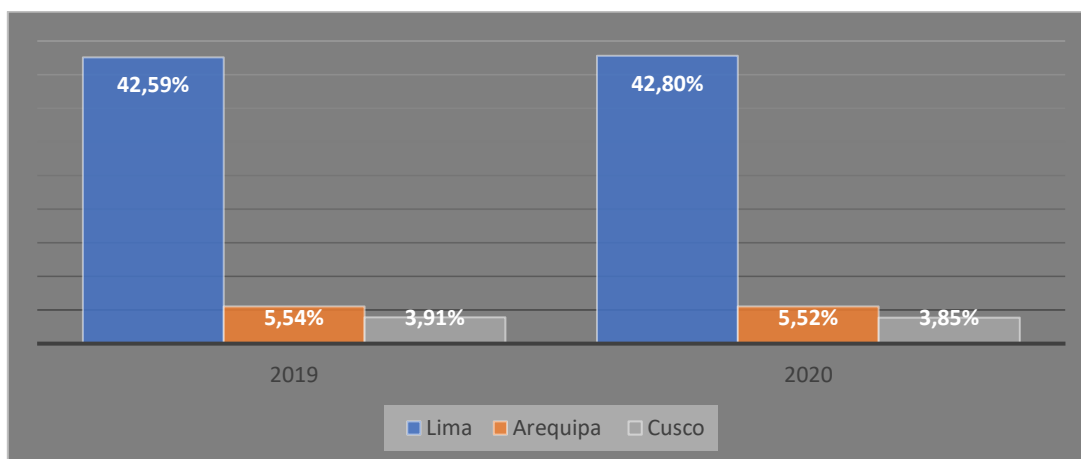
Fuente: INEI (adaptado), 2023

En un contexto económico según el INEI (2022), Lima es la ciudad con mayor Producto Bruto Interno (PBI) del Perú manteniéndose en una franja alrededor del 36% entre los años 2019, 2020 y 2021. Esto se denota porque Lima es la ciudad donde existen más empresas dentro del Perú llegando en el 2020 a tener un 42,80% de la densidad empresarial dentro del Perú. Así mismo, Arequipa siendo segunda ciudad más importante dentro del país manteniéndose en la franja del 5,50% del PBI entre los años mencionados, Arequipa también llegó a tener el 5,52% de la densidad empresarial del Perú en el 2020. Cusco económicamente es una ciudad que depende mucho del turismo, hasta un año antes de la emergencia sanitaria mundial por el COVID-19, Cusco tuvo una afluencia turística del 44,07% según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). En consecuencia, en el año 2019 Cusco tuvo el 4.03% del PBI y manteniéndose en esa franja para los años siguientes. Si tomamos en cuenta que el PBI del Perú en los años 2019, 2020 y 2021 fueron de 546.604.989, 487.191.492 y 552.560.458 Millones de soles respectivamente.

Gráfico 7: (a) Evolución del Producto Bruto Interno (b) Densidad de la estructura empresarial 2019 - 2020



(a)



(b)

Fuente: INEI (adaptado), 2023

Por otro lado, el INEI separa los índices de pobreza y estos están clasificados por grupos según su incidencia de pobreza, desde el grupo 1 con alta incidencia de pobreza hasta el grupo 5 con los niveles más bajos de pobreza según cada ciudad. Para el Perú es considerado como pobres a las personas que residen en hogares donde sus gastos per cápita no le permite poder adquirir una canasta básica de alimentos y no alimentos.

En la siguiente tabla 16 se mostrarán los índices de pobreza de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco.

Tabla 16: Estadísticas de niveles de pobreza monetaria

Año	Grupo	Departamento	Intervalo de confianza al 95%	
			Inferior	Superior
2019	4	Lima	12,0%	14,6%
	4	Arequipa	12,0%	14,6%
	3	Cusco	21,6%	24,6%
2020	3	Lima	23,9%	28,6%
	4	Arequipa	15,1%	19,5%
	2	Cusco	31,3%	34,6%
2021	2	Lima	24,0%	27,1%
	4	Arequipa	11,0%	14,6%
	3	Cusco	19,0%	22,8%
2022	2	Lima	25,9%	29,2%
	4	Arequipa	12,0%	15,7%
	3	Cusco	20,4%	23,6%

Fuente: INEI (adaptado), 2023.

El INEI también separa los índices de pobreza extrema, clasificándolo desde el grupo 1 con la mayor tasa de pobreza extrema hasta el grupo 4 con la menor tasa de pobreza extrema. Es considerado como pobre extremo a la persona que habita en un hogar donde los gastos per cápita no le permita acceder a una canasta básica de alimentos.

En la siguiente tabla 17 se muestran la tasa de pobreza extrema de las ciudades.

Tabla 17: Estadísticas de niveles de pobreza extrema monetaria

Año	Grupo	Departamento	Intervalo de confianza al 95%	
			Inferior	Superior
2019	4	Lima	0,3%	0,7%
	4	Arequipa	0,3%	0,7%
	3	Cusco	2,4%	3,5%
2020	3	Lima	2,4%	3,7%
	3	Arequipa	2,4%	3,7%
	2	Cusco	6,3%	8,3%
2021	4	Lima	1,3%	2,4%
	4	Arequipa	1,3%	2,4%
	3	Cusco	2,9%	4,2%
2022	4	Lima	1,9%	3,2%
	4	Arequipa	1,9%	3,2%
	4	Cusco	1,9%	3,2%

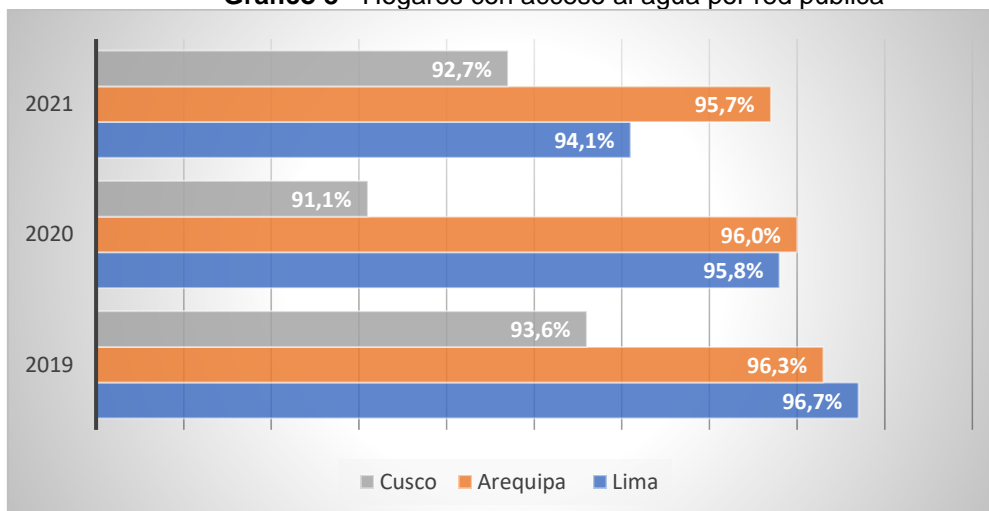
Fuente: INEI (adaptado), 2023

Uno de los puntos muy importantes para este análisis es saber el acceso de servicios básicos que posee la población de estas ciudades, el acceso a los servicios básicos da la posibilidad a la población tener mayor calidad de vida.

El agua es muy fundamental ya es muy necesaria para realizar las actividades cotidianas, según el INEI cada persona requiere por lo menos entre 20 a 50 litros diarios de agua.

En el Perú, la mayor población del país tiene acceso a este servicio, el INEI estimó que, en los años 2019, 2020 y 2021 casi el 91% de toda la población peruana tuvo acceso a este recurso muy importante.

Gráfico 8 - Hogares con acceso al agua por red pública

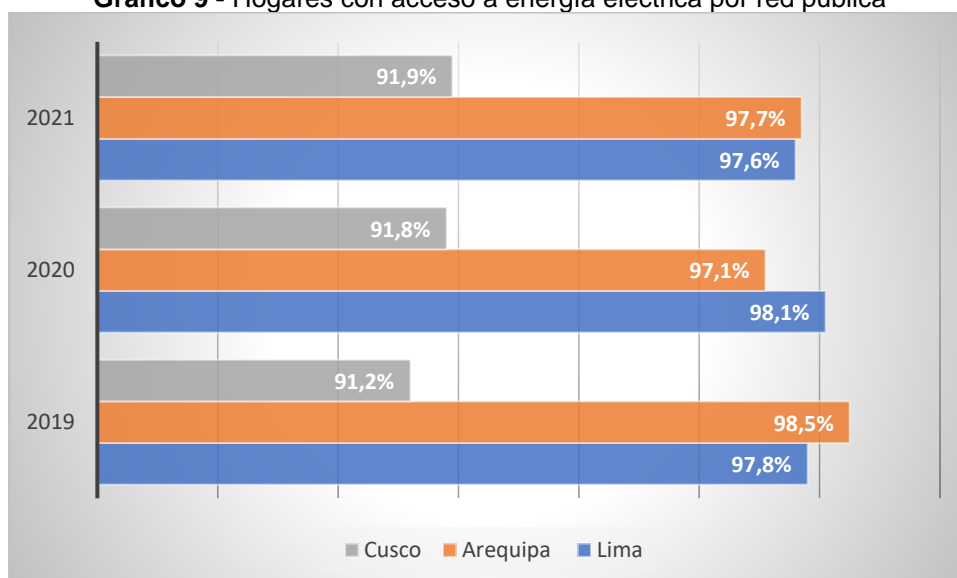


Fuente: INEI (adaptado), 2023

Como mostramos en el gráfico 8, estas 3 ciudades tuvieron un alto porcentaje de acceso al agua siendo estas ciudades que están por encima del porcentaje nacional.

Así mismo, la energía eléctrica actualmente se considera un servicio básico el cual cada año depende para su desarrollo Y bienestar de la población. Según el INEI este servicio en el 2019 el acceso nacional de la energía eléctrica fue del 92,9% y en los posteriores años 2020 y 2021 se mantuvo con un acceso superior al del 94%.

Gráfico 9 - Hogares con acceso a energía eléctrica por red pública



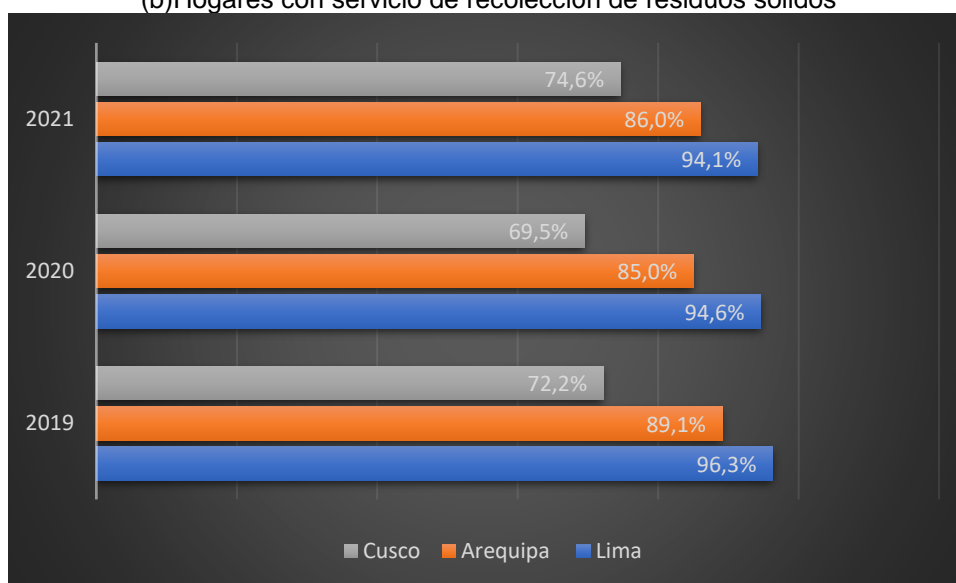
Fuente: INEI (adaptado), 2023.

En la gráfico 9 nos muestra que más del 90% de la población de las ciudades de Lima, Arequipa y Cusco tienen acceso a la energía eléctrica, siendo

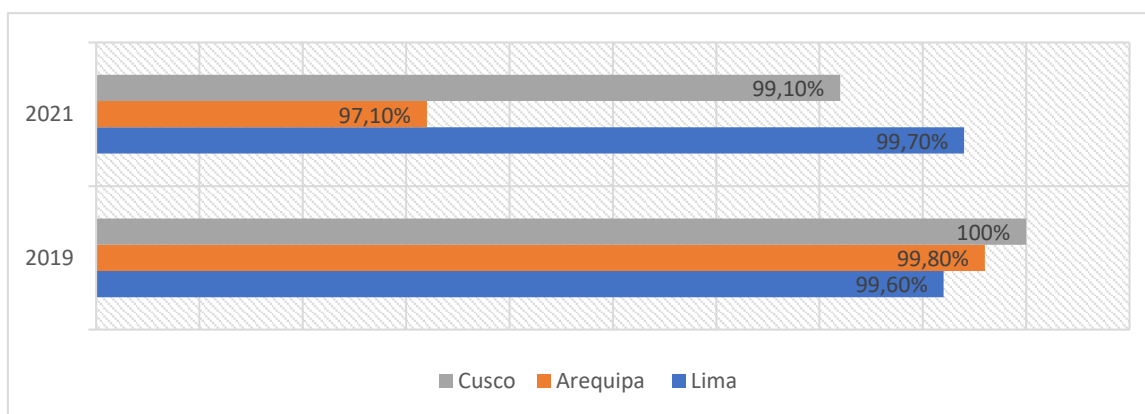
que Arequipa y Lima superando el porcentaje nacional de acceso a este recurso básico.

Al Igual que el agua y la energía eléctrica otros servicios importantes son las del acceso alcantarillado y acceso a recolección de los residuos sólidos. El acceso al servicio de alcantarillado a nivel nacional entre los años del 2019, 2020 y 2021 es de 77%, 76,5% y 76,3%, mientras que el servicio de recolección a nivel nacional es de alrededor del 98% en los años 2019 y 2021.

**Gráfico 10 – (a) Hogares con acceso al servicio de alcantarillado o similares
(b) Hogares con servicio de recolección de residuos sólidos**



(a)



(b)

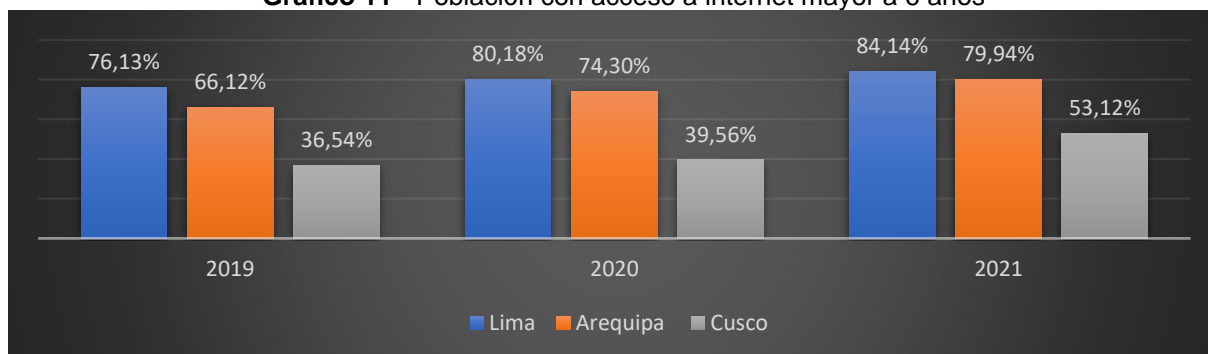
Fuente: INEI (adaptado), 2023

Como se muestran en los gráficos 10(a) y 10(b), la ciudad de lima es la que mayor red de alcantarillado tiene y a la par casi el 100% de la población limeña accede al servicio de residuos urbanos, tanto en Arequipa y Cusco la red de alcantarillado tiene que mejorar, especialmente en cusco que el porcentaje

de acceso al alcantarillado es menor al porcentaje nacional. En los que se refiere a recolección de residuos sólidos en el 2019 cusco accedía al 100% de su población a este servicio mientras que Arequipa estaba llegando casi al 100% de su población, en el 2021 cusco abarca casi al 100% mientras que Arequipa el acceso a este servicio es menor al porcentaje nacional. Según el INEI, los hogares que no acceden a este servicio pueden exponer riesgos de salud y a los integrantes del mismo hogar.

El acceso a internet, aunque no es un servicio básico, es un servicio importante para el mundo moderno ya sea para entretenimiento, estudios y/o trabajos, este acceso se vuelve cada vez mayor cada año no solo en el Perú sino también a nivel mundial.

Gráfico 11 - Población con acceso a internet mayor a 6 años

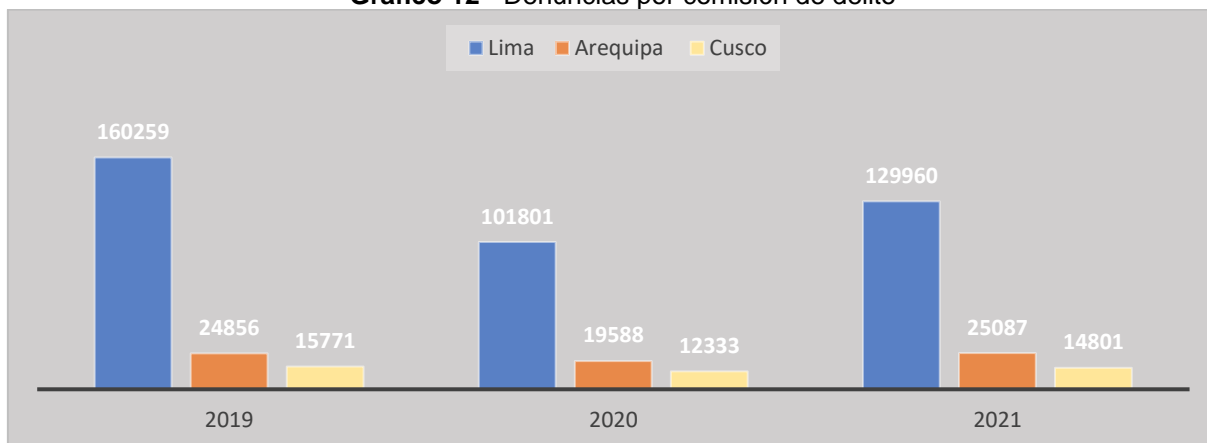


Fuente: INEI (adaptado), 2023.

Según el INEI, esta Tecnología de la información y comunicación (TIC) fue creciendo a gran escala mostrada en el gráfico 11, siendo que Lima pasó de 76,13% en el 2019 a llegar un alcance del 84,14%. Arequipa llegando a abarcar el 66,12% en el 2019 a llegar casi al 80% y con el mayor crecimiento en acceso al internet, Cusco del acceder del 36,54% llega a tener en el 2021 el 53,12% de su población. Es impresionante el alcance rápido que tuvo estas ciudades sobre esta TIC en la población en estos años de desarrollo.

El INEI dentro de sus anuarios estadísticos de la criminalidad y Seguridad ciudadana, nos brinda datos sobre las denuncias hechas por la población en los años 2019, 2020 y 2021 mostradas en el gráfico 12.

Gráfico 12 - Denuncias por comisión de delito



Fuente: INEI (adaptado), 2023.

Podemos denotar que, así como en la emergencia sanitaria bajaron considerablemente las denuncias interpuestas con respecto al año 2019, al siguiente año se incrementaron también considerablemente. Arequipa es la única ciudad de entre las escogidas que supera su número de denuncias del 2021 con respecto al 2019.

Con el historial y estas características mostradas, estas tres ciudades tienen un potencial para poder desarrollarse como unas ciudades inteligentes, el interés de los gobiernos regionales y estado peruano permite que esta transición a convertir una de estas ciudades en Smart cities sea favorable, esto conlleva a un trabajo de planificación a futuro y la mejora continua de la infraestructura de las ciudades. Un punto por el cual se debe trabajar es la descentralización de la ciudad de Lima, esto beneficiaría a las ciudades urbanas y rurales del Perú, ya que al mismo tiempo que se van mejorando, actualizando y dando oportunidades. Lima podría aliviarse y tener un mejoramiento en su gestión y la efectividad de toma de decisiones.

Según Andrade (1984), la eficiencia de la productividad del país se reduce cuando existen grandes concentraciones urbanas, esto se refleja en el incremento de costos impulsado por las diseconomías de escala relacionadas con la ubicación y urbanización, que surgen debido a la excesiva densidad.

7 Conclusiones:

El desarrollo mundial hace que varios países no se queden atrás, los nuevos estándares piden que las infraestructuras dentro de una ciudad tengan que ser sostenibles e INTELIGENTES.

El Perú al ser todavía un país en vías de desarrollo que en estos últimos años estuvo creciendo, debe adecuarse a los nuevos estándares de desarrollo. En específico las ciudades de LIMA, AREQUIPA y CUSCO, estas al ser ciudades importantes y representativas dentro del Perú tienen características y potencial como para ir convirtiéndose de poco a poco en ciudades inteligentes.

El problema de tener mucha bibliografía y no tener un concepto propio de lo que sería una Smart city, ocasiona que cada país o ciudad pueda hacer una guía diferente de como evolucionar hacia una "Smart city". Como en el caso de Lima y Cusco, ambas municipalidades firmando contratos hacia un apoyo directo y trabajando en un cierto sector de cada ciudad, en el caso de Cusco desarrollándose una "smart city" en unos terrenos aeroportuarios mientras que en Lima hasta la fecha están desarrollando un Plan Maestro de ciudad inteligente.

Como es de saber el crecimiento hace que genere una mayor demanda e infraestructura en cualquier servicio. En el caso de estas ciudades la excesiva demanda de hidrocarburos para motores a combustión hace que las eficiencias halladas estén entre el 22% y el 25%, y aunque estos números son bajos, hay potencial de un aumento significativo de estas eficiencias con una transición a motores eléctricos.

Por este motivo, estas ciudades deberían mejorar aún más su infraestructura con apoyo de las nuevas tecnologías. Estas mejoras no solo aumentarían la calidad de vida, también ayudaría en aumentar las eficiencias halladas de las ciudades de Lima, Arequipa y Cuzco. A la vez que se generen muchísimo menos cantidad de emisión de CO₂, los números son alarmantes ya que según nuestro hallazgo solo la ciudad de Lima genero el 70% de toda la emisión nacional, es muy importante tomar en cuenta este punto y trabajar de manera rápida y efectiva para que estas ciudades puedan ser las pioneras en el Perú de convertirse totalmente en una Smart City.

7.1 Trabajos a futuro.

Como en este trabajo se halló las eficiencias exergéticas y las emisiones de CO₂ de las ciudades de Lima, Arequipa y Cuzco en el año 2019, se debería continuar con estos estudios y replicar hallando las eficiencias y emisiones de diferentes años, de estas y otras muchas ciudades, con el fin de evaluarlos y se puedan tener en cuenta para hallar alternativas tanto para su aumento de eficiencia, como para la disminución de la emisión de CO₂.

La descentralización de la ciudad de Lima en el Perú conlleva una pregunta general para cada ciudad dentro del país:

- ¿La descentralización de un país podría ser un factor para el aumento de la eficiencia exergética de la ciudad?

8 Referencias Bibliográficas:

- INEI. **Perú: Proyecciones de Población Total según Departamento, Provincia y Distrito, 2018 – 2022**. Boletín especial N°27. Lima, 2022. Disponible en: <<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3624028/Per%C3%BA%3A%20Proyecciones%20de%20Poblaci%C3%B3n%20Total%20seg%C3%BAn%20Departamento%2C%20Provincia%20y%20Distrito%2C%202018-2022.pdf?v=1663081335>>
- INEI. **Perú: Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos 2007 – 2021**. Lima, 2022. Disponible en: <<https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pbi-de-las-actividades-economicas-por-anos-9096/>>
- INEI. **Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017**. Primeros Resultados. Lima, 2018. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1530/libro.pdf >
- INEI. **Perú: Estructura Empresarial 2020**. Lima, 2022. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1861/libro.pdf >
- INEI. **Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2021**. Lima, 2021. Disponible en: <<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3426737/Per%C3%BA%3A%20Anuario%20de%20Estad%C3%ADsticas%20Ambientales%2C%202021.pdf?v=1658177753>>
- GRAIZBORD, B; MONTEIRO, F. **Megaciudades y cambio climático: Ciudades sostenibles en un mundo cambiante**. traducción: Susan Beth Kapilian. 1° edición. México D.F.: El colegio de México, 2011.
- COMPREHENSIVE TECHNOLOGICAL RESEARCH. **La nueva revolución digital para principiantes: Usos prácticos del Metaverso, Web 3.0, Blockchain, Criptodivisas, NFTs, DeFi, Realidad virtual y aumentada**. Independently published. 2022.

- BRIANO, J; BÁEZ, M. J.; MOYA MORALES, R. **Eficiencia energética en Perú: Identificación de oportunidades**. Caracas: CAF. 2017. Disponible en: <<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/963>>
- CUNHA, M.A.; PRZEYBILOVICZ, E; MACAYA, J.F; SANTOS, F.B. **Smart Cities: transformação digital de cidades**. 1º Edición. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania – PGPC, 2016. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/10438/18386>>
- CUSCO. Ordenanza Municipal N° 115-2005-MC, 11 de marzo del 2005. **PLAN MAESTRO DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO**. Cusco: Consejo Municipal. 2005. Disponible en: <<https://patrimoniomundial.cultura.pe/sites/default/files/pm/pdf/Plan%20Maestro%20Centro%20Historico%20de%20Cusco.pdf>>
- MUNICIPALIDAD DE CUSCO. **Ceremonia de Firma MOU**. Facebook, 26 de octubre de 2020. Disponible en: <<https://www.facebook.com/watch/?v=400003511378780>>
- UNIVERSIDAD CONTINENTAL. **¡Arequipa celebra! 8 datos sobre la Ciudad Blanca que llenan de orgullo a todo el Perú**. Arequipa, 2021. Disponible en:< <https://estudiantes.ucontinental.edu.pe/noticias/arequipa-celebra-8-datos-sobre-la-ciudad-blanca-que-llenan-de-orgullo-a-todo-el-peru/>>
- Municipalidad de Arequipa, **História de Arequipa**, Arequipa, Perú, 2019. Disponible em :< <https://www.muniarequipa.gob.pe/>>.
- Municipalidad de Lima, **Lima**, Perú, 2019. Disponible en: <<https://www.munlima.gob.pe/>>. Accesos en: 30 enero 2022
- INEI. **Perú: Anuario Estadístico de la Criminalidad y Seguridad Ciudadana 2015 – 2019, Vision Departamental, Provincial y Distrital**. Lima, 2021. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1805/libro.pdf>
- INEI. **Perú: Anuario Estadístico de la Criminalidad y Seguridad Ciudadana 2017 – 2021, Vision Departamental, Provincial y Distrital**. Lima, 2023. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1805/libro.pdf>

- INEI. **Tecnologías de la información y Comunicación: Población de 6 y más años de edad que hace uso del servicio de internet, según ámbitos geográficos**. Lima, 2023. Disponible en: < PERU Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI >
- INEI. **Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico**. Lima. 2020. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf>
- INEI. **Acceso a los servicios básicos en el Perú 2021**. Lima. 2022. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1863/libro.pdf>
- INEI. **Acceso a los servicios básicos en el Perú 2013 – 2019**. Lima. 2020. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1756/>
- INEI. **Perú: Evolución de la pobreza Monetaria 2011-2022**. Lima. 2023. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/pobreza2022/Pobreza2022.pdf>
- INEI. **Catálogo de publicaciones y Servicios 2023**. Lima. 2023. Disponible en: <<https://www.inei.gob.pe/media/difusion/app/#p=7>>
- MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES. **Miraflores será la primera ciudad inteligente del Perú**. Lima, 2022. Disponible en: <<https://www.miraflores.gob.pe/miraflores-sera-la-primera-ciudad-inteligente-del-peru/>>
- MUNICIPALIDAD DE LIMA. **MML y Municipalidad de Seúl firman memorando de entendimiento para el beneficio de la capital**. Lima. 2021. Disponible en: < <https://www.munlima.gob.pe/2021/11/26/mml-y-municipalidad-de-seul-firman-memorando-de-entendimiento-para-el-beneficio-de-la-capital/>>

- MUNICIPALIDAD DE LIMA. **Perú y Corea plantean un plan maestro de ciudad inteligente para Lima Metropolitana**. Lima. 2022. Disponible en: <<https://www.munlima.gob.pe/2022/09/20/peru-y-corea-plantean-un-plan-maestro-de-ciudad-inteligente-para-lima-metropolitana/>>
- MINEM. **Estadísticas Eléctricas Mensuales: Indicadores del sector eléctrico a nivel nacional**. Lima. 2023. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=sub115&idCateg=355>
- MINCETUR. **Sistema de información Estadística de Turismo**. Lima. 2023. Disponible en: <<http://datosturismo.mincetur.gob.pe/appdatosTurismo/Content2.html>>
- CARDENAS, J. **Informe de clasificación de riesgo: Gas natural de Lima y Callao S.A – CÁLIDDA**. Lima. 2021. Disponible en: <<https://www.calidda.com.pe/media/bsnbisor/class-calificaci%C3%B3n-dic-2020.pdf>>
- NATURGY. **Informe Anual Integrado 2019**. Madrid. 2020. Disponible en: <https://stpropwebcorporativangy.blob.core.windows.net/uploads/2023/02/Informe_Anuual_Integrado_2019_cast.pdf>
- DIAZ, T. **Naturgy logra un acuerdo con Perú para abandonar pacíficamente el país**. España: Ecoprensa, S.A. 2020. Disponible en: <<https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/10931820/12/20/Naturgy-logra-un-acuerdo-con-Peru-para-abandonar-pacificamente-el-pais.html>>
- SOCIEDAD PERUANA DE GAS LICUADO. **Perú GLP Mercado Envasado – Granel / Informalidad / FEPC**. Lima. 2019. Disponible en: <<https://aiglp.org/aiglp2019/docs/felipe-cantuarias-spgl-mercado-de-glp-estructura-fondo-informalidad-rev-01-18-mar-2019.p>>
- OSIGNERMIN. **Boletín Estadístico: Procesamiento, producción y transporte de Gas Natural**. Lima. 2020. Disponible en: <<http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Osinergmin-boletin-estadistico-gas-natural-2020-III.pdf>>

- REPSOL. **Ficha de datos de seguridad: Gas Licuado de Petróleo**. Lima. 2016. Disponible en: <<https://www.repsol.pe/content/dam/repsol-paises/pdfs/peru/distribuidores/1/Ficha%20de%20Seguridad.pdf>>
- OSINERGMIN. **DOCUMENTOS SCOP**. Lima. 2023. Disponible en: <<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/scop/documentos-scop>>
- HARTMANN, R. M.; DIAS, A. METODOLOGIA TERMODINÂMICA PARA CÁLCULO DE EFICIÊNCIA EXERGÉTICA EM CIDADES CONTEMPORÂNEAS / THERMODYNAMIC APPROACH FOR EVALUATION OF EXERGETIC EFFICIENCY OF CONTEMPORARY CITIES. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science - IJERRS**, [S. l.], v. 3, n. 3, 2021. DOI: 10.48075/ijerrs.v3i3.28175. Disponible en: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/ijerrs/article/view/28175>>
- CUSCO. Ordenanza Municipal N° 065-2020-MPC, 23 de octubre de 2020. **Memorándum de entendimiento**. Cusco: Consejo Municipal. 2020. Disponible en: <https://www.cusco.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/2020/A.M.2020/A.M.065-2020_Memorandun%20entendimiento%20Koreas.PDF>
- PERÚ. Proyecto de Ley 1630/2016 – CR. 3 de julio de 2017. **Ley que promueve y garantiza la ejecución del Plan Nacional de Ciudades Inteligentes, a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC**. Lima: Congreso de la Republica. 2017. Disponible en: <<https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transportes/expediente1630.html>>
- PERÚ. Proyecto de ley N° 03040/2022 – CR. 12 de setiembre de 2022. **Ley que fomenta la implementación de ciudades inteligentes sostenibles**. Lima: Congreso de la Republica. 2022. Disponible en: <<https://wb2server.congreso.gob.pe/spley-portal/#/expediente/2021/3040>>
- PERÚ. Proyecto de ley N° 03159/2022 – CR. 26 de setiembre de 2022. **Ley que promueve el desarrollo de ciudades digitales y educadoras**

- en el Perú.** Lima: Congreso de la Republica. 2022. Disponible en: <
<https://wb2server.congreso.gob.pe/spley-portal/#/expediente/2021/3159>>
- PERÚ. Proyecto de ley N° 03454/2022 – CR. 4 de noviembre de 2022.
Ley que establece el marco regulatorio de las ciudades inteligentes.
 Lima: Congreso de la Republica. 2022. Disponible en: <
<https://wb2server.congreso.gob.pe/spley-portal/#/expediente/2021/3454>>
 - PERÚ. Proyecto de ley N° 03658/2022 – CR. 24 de noviembre de 2022.
Ley que promueve el desarrollo de ciudades inteligentes en el Perú.
 Lima: Congreso de la Republica. 2022. Disponible en: <
<https://wb2server.congreso.gob.pe/spley-portal/#/expediente/2021/3658>>
 - PERÚ. Proyecto de ley N° 03159/2022 – CR. 26 de setiembre de 2022.
Ley que promueve la implantación progresiva de ciudades inteligentes y educadoras. Lima: Congreso de la Republica. 2022.
 Disponible en: < <https://wb2server.congreso.gob.pe/spley-portal/#/expediente/2021/4808>>
 - PERÚ. Decreto Legislativo N°1412. 13 de setiembre de 2018. **Decreto legislativo que aprueba la ley de gobierno digital.** Lima: Diario el Peruano. 2018. Disponible en: <
<https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transportes/expediente1630.html>>
 - PERÚ. Decreto de Urgencia N° 006 – 2020. 19 de febrero 2020. **Decreto de Urgencia que crea el Sistema Nacional de Transformación Digital.**
 Lima: Congreso de la Republica. 2020. Disponible en: <
https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Decretos/Urgencias/2020/DU-006-2020-OF.pdf>
 - PERÚ. Decreto Supremo N° 029 – 2021 – PCM. 19 de Febrero 2021.
Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1412. Lima: Diario el Peruano. 2021. Disponible en: <
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1680865/DS%20029-2021-PCM.pdf.pdf?v=1643322501>>
 - PERÚ. Decreto Supremo N° 157 – 2021 – PCM. 25 de setiembre 2021.
Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del decreto de Urgencia N° 006 – 2020. Lima: Diario el Peruano. 2021. Disponible en: <

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2209135/1995486-1.pdf.pdf?v=1643322171>>

- ALBINO V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R.M. **Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives**. Journal of Urban Technology, Reino Unido, V. 22, n. 1, P. 3-21, 2015. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092. Disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10630732.2014.942092>>
- ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. **Termodinâmica**. 7. Ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Bookman, 2013.
- NARVAEZ, W. **Estrategias de implementación de ciudades inteligentes**. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018. Disponible en: <https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transportes/files/expedientep1630/proyecto._ciudades_inteligentes.pdf>
- Sarango, M. **Promoviendo las ciudades del futuro**. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros. 2022. Disponible en: <<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3382804/Promoviendo%20Ciudades%20del%20Futuro%20Foro%20Peru-Corea.pdf>>
- PCM, **Estrategia Nacional de Ciudades Inteligentes**. Versión 1. Lima. 2022. Disponible en: <<https://www.gob.pe/institucion/pcm/informes-publicaciones/3610792-estrategia-nacional-de-ciudades-inteligentes>>
- VAN WYLEN, G.J. **Fundamentos da Termodinâmica**. Traducción: Euryale de Jesus Zerbini, 5° edición. Brasil: Editora Edgard Blucher. 1998.
- HARTMANN, R.M.; GARCIA – ACEVEDO, L.E. **Thermodynamic assessment of cities applying exergetic efficiency as evaluation index**. Journal ScienceDirect, Foz do Iguacu, V. 50. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101801>. Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821008158?via%3Dihub>>
- INOUSSAH, M.; ADOLPHE, M.; DANIEL, L. **Assessment of Sustainability Indicators of**
- **Thermoelectric Power Generation in Cameroon Using Exergetic Analysis Tools**. Journal Scientific Research Publishing, Camerun, V.9,

- N.1, 2017. DOI: 10.4236/epe.2017.91003. Disponible en: <<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=73711>>
- CAMPOS, S.; GONZALES, B.; PELÁEZ, A. **Propuesta de Modelo de Smart City para la Gestión de Residuos Sólidos en la Ciudad de Arequipa**. 2020. 327 hojas. Tesis (Magister en Gestión Pública) – Escuela de negocios, Universidad ESAN, Lima, 2020.
 - NAM, T; PARDO, T.A. **Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions**. Digital Government Innovation in Challenging Times, College Park, 2011. <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602> . Disponible en: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2037556.2037602>>
 - UNION EUROPEA. **Smart Cities: Cities using technology solutions to improve the management and efficiency of the urban environment**. Bruselas, 2022. Disponible en: <https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en>
 - ANDRADE, T. A. Descentralización de las grandes ciudades hacia las ciudades medias y pequeñas: una visión crítica. **Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales**, [S. l.], v. 11, n. 32, 1984. DOI: 10.7764/949. Disponible en: <<https://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/949>>