



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Implementación de un sistema de aire acondicionado con  
energía fotovoltaica para disminuir el consumo de combustible  
en un vehículo motorizado liviano”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Antón Pérez, Ericson (ORCID: 0000-0002-9446-8418)

**ASESOR:**

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación Transmisión Y Distribución

CHICLAYO - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico a mi ser espiritual por darme el valor de seguir adelante en mis ideas, a mi madre por brindarme incondicionalmente su cariño y apoyo, a mis hermanas por estar pendiente de mí, a mi esposa por darme su amor y comprensión, a mi hija que con su sonrisa me hacía avanzar diariamente para lograr mis objetivos y concluirlos. A ustedes que son personas muy importantes en esta vida, todos tenemos un fin, ser profesionales para tener mejor comodidad de vida y actualizarse profesionalmente para ser los mejor remunerados.

***Ericson Antón***

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi esposa por el apoyo incondicional, a todos los ingenieros de las empresas que confiaron en mí para realizar los trabajos encomendados, a cada docente que paso por nuestras aulas aportando conocimientos e ideas innovadoras, a nuestros asesores que nos ayudaron a guiar en los resultados finales y a todos aquellos que aportaron cosas positivas en mí y me brindaron su amistad incondicional, a Dios por mantenerme firme en la Fe y darme conocimiento para lograr mis metas trazadas.

***Ericson Antón***

## Índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos	vi
Resumen	vii
Abstrac	ix
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.	12
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.	12
3.2 Variables y operacionalización:	12
3.3 Población, Muestra y muestreo.	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	14
3.5 Procedimientos	14
3.6 Método de análisis de datos.	14
3.7 Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	62
VI. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Crecimiento de la demanda, mantenimiento e instalación de sistemas de aire acondicionado automotriz 2014 – 2018	12
<b>Tabla 2.</b> Parque Automotor al nivel Nacional y Local 2014 – 2016	13
<b>Tabla 3.</b> Temperatura en un Turismo de Clase Media a una temperatura de 30 °C y una radiación solar incidente	20
<b>Tabla 4.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	33
<b>Tabla 5.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	35
<b>Tabla 6.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	37
<b>Tabla 7.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	39
<b>Tabla 8.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	41
<b>Tabla 9.</b> Datos históricos de niveles de radiación solar	43
<b>Tabla 10.</b> Tasas metabólicas medias según actividad desarrollada (ISO 8996)	46
<b>Tabla 11.</b> Resistencia Térmica de la Vestimenta	47
<b>Tabla 12.</b> Temperatura y Humedad Recomendada	48
<b>Tabla 13.</b> Rendimiento del combustible con A/C activado y desactivado.	54
<b>Tabla 14.</b> Rendimiento del combustible con A/C activado y desactivado.	57
<b>Tabla 15.</b> Comportamiento del refrigerante según su altitud	60
<b>Tabla 16.</b> Costo de inversión	64
<b>Tabla 17.</b> Ingresos y egresos del proyecto.	67
<b>Tabla 18.</b> Flujo de caja del Proyecto.	68

## Índice de gráficos

<b>Gráfica 1.</b> Evolución de niveles de radiación solar (Kw.h/m <sup>2</sup> ) en la Av. Augusto B. Leguía - Chiclayo	25
<b>Gráfica 2.</b> Evolución de niveles de radiación solar (Kw.h/m <sup>2</sup> ) en la Av. Agricultura.	25
<b>Gráfica 3.</b> Evolución de niveles de radiación solar (Kw.h/m <sup>2</sup> ) en la Av. Luis Gonzales.	26
<b>Gráfica 4.</b> Evolución de niveles de radiación solar (Kw.h/m <sup>2</sup> ) en la Av. Elías Aguirre.	26
<b>Gráfica 5.</b> Evolución de niveles de radiación solar (Kw.h/m <sup>2</sup> ) en la Av. Balta.	27
<b>Gráfica 6.</b> Variación de T° en °C. en la Av. Augusto B. Leguía - Chiclayo	27
<b>Gráfica 7.</b> Variación de T° en °C. En la Av. Agricultura	28
<b>Gráfica 8.</b> Variación de T° en °C. En la Av. Luis Gonzales	28
<b>Gráfica 9.</b> Variación de T° en °C. En la Av. Elías Aguirre	29
<b>Gráfica 10.</b> Variación de T° en °C. En la Av. Balta	29
<b>Gráfica 11.</b> Variación de Humedad (%). En la Av. Augusto B. Leguía	30
<b>Gráfica 12.</b> Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura	31
<b>Gráfica 13.</b> Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura	31
<b>Gráfica 14.</b> Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura	32
<b>Gráfica 15.</b> Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura	32
<b>Gráfica 16.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del día, año 2013	34
<b>Gráfica 17.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del días, año 2014	36
<b>Gráfica 18.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del día, año 2015	38
<b>Gráfica 19.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del día, año 2016	40
<b>Gráfica 20.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del día, año 2017	42
<b>Gráfica 21.</b> Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m <sup>2</sup> a diferentes horas del día, año 2018	44
<b>Gráfica 22.</b> Curva de Confort Térmico	45
<b>Gráfica 23.</b> Rendimiento del combustible en zona urbana Chiclayo	55
<b>Gráfica 24.</b> Diferencia de recorrido en (km)	55
<b>Gráfica 25.</b> Evolución de acondicionamiento en la cabina	62

## Resumen

La presente investigación denominada: **“Implementación del sistema de aire acondicionado con energía fotovoltaica para disminuir el consumo de combustible de un vehículo motorizado liviano”**, está enmarcada dentro de las innovaciones en el sector automotriz, con el uso de fuentes de energía renovable, a fin de que la energía que se utilice en el sistema de aire acondicionado sea de una fuente diferente a la de la gasolina. El accionamiento del sistema de aire acondicionado, es por medio de dispositivos que transforman la energía solar en energía eléctrica.

La innovación, tiene como finalidad utilizar el recurso de la energía solar para hacer funcionar un motor compresor y accesorios, logrando de tal manera el funcionamiento de un conjunto de dispositivos para climatizar la cabina de un vehículo motorizado liviano y demostrar que las energías renovables son eficientes y no convencionales.

En la actualidad los vehículos motorizados livianos en la ciudad de Chiclayo (población), algunos cuentan con equipo de aire acondicionado y otros no debido a los costos de los equipos e implementación de los mismos, utilizando el sistema convencional del ciclo de refrigeración por compresión del gas refrigerante, el compresor del sistema que esta acoplado al motor recibe energía mecánica por parte del motor, esforzándose este para entregar una parte de la potencia que incrementa en un 10 % el consumo de combustible, siendo inevitable su uso debido a las condiciones ambientales dentro de la cabina del vehículo.

En esta investigación se planteó que el sistema utilice un motor compresor de aire acondicionado, alimentado por energía solar para disminuir el consumo del combustible del vehículo motorizado liviano, tomando en cuenta que la medición de energía solar dentro de la ciudad de Chiclayo optimiza su uso.

Se hizo la recopilación de la información de los niveles de radiación solar, para evaluar la factibilidad del uso de la energía solar en la ciudad de Chiclayo; luego se realizó los cálculos a fin de determinar la cantidad de energía que requiere el sistema de aire acondicionado del vehículo liviano.

Se hizo así mismo el análisis del consumo de combustible, comparando cuando utilizan y no utilizan el sistema de aire acondicionado; finalmente se determinó la rentabilidad económica del proyecto propuesto.

**Palabras claves:** Aire Acondicionado, Energía Solar, Consumo de Combustible.

## Abstract

This research called: "Implementation of the air conditioning system with photovoltaic energy to reduce the fuel consumption of a light motorized vehicle", is framed within the innovations in the automotive sector, with the use of renewable energy sources, in order that the energy used in the air conditioning system is from a source other than gasoline. The drive of the air conditioning system is through devices that transform solar energy into electrical energy.

The innovation aims to use the resource of solar energy to operate a compressor motor and accessories, thus achieving the operation of a set of devices to air condition the cabin of a light motorized vehicle and demonstrate that renewable energies are efficient. and unconventional.

At present, light motorized vehicles in the city of Chiclayo (population), some have air conditioning equipment and others do not due to the costs of the equipment and their implementation, using the conventional system of the refrigeration cycle by understanding the Refrigerant gas, the compressor of the system that is coupled to the engine receives mechanical energy from the engine, making an effort to deliver a part of the power that increases fuel consumption by 10%, its use being inevitable due to the environmental conditions within from the vehicle cabin.

In this research it was proposed that the system use an air conditioning compressor motor, powered by solar energy to reduce the fuel consumption of the light motor vehicle, taking into account that the measurement of solar energy within the city of Chiclayo optimizes its use.

The information on solar radiation levels was compiled to evaluate the feasibility of using solar energy in the city of Chiclayo; The calculations were then carried out to determine the amount of energy required by the air conditioning system of the light vehicle.

The analysis of fuel consumption was also done, comparing when they use and do not use the air conditioning system; finally the economic profitability of the proposed project was determined.

**Keywords:** Air Conditioning, Solar Energy, Fuel Consumption.

## I. INTRODUCCIÓN.

Los vehículos automotrices livianos, consumen entre el 15 y 25% más de combustible, al tener activado el sistema de aire acondicionado por compresión de motor, el cual también depende de las condiciones del medio ambiente. (REN21, 2018, pág. 1)

La demanda de tecnologías para reducir las emisiones de dióxido de carbono y resguardar el medio ambiente ha hecho que las empresas estén desarrollando sistemas de aire acondicionado que son más eficientes y ecológicos los nuevos sistemas de aire acondicionado reducirán el consumo de energía del compresor en un 25 % en comparaciones de los sistemas de a/c convencionales” (HVAC&R, 2016, pág. 2)

Unos de los factores por que el conductor no usa el equipo de aire acondicionado en la unidad vehicular es por el incremento del consumo de combustible, este estudio es cierto, pero no en las dimensiones que se llega a estimar, técnicamente el sistema depende de un compresor que presuriza un gas, R134 el mismo que utilizan las neveras, hacia una válvula de expansión térmica donde cae la carga y va a un evaporador que genera la baja temperatura, mover el compresor cuesta en entre tres a ocho caballos en promedio, el cual depende del tamaño del habitáculo, lejos de ser un elemento de lujo el climatizar el habitáculo cumple una función importante de seguridad, el viajar a una temperatura idónea disminuye los riesgos durante la conducción (ELTIEMPO, 2017, pág. 1)

Con las altas temperaturas que se registran en la Ciudad de Lima, es casi imposible para los conductores manejar sin aire acondicionado, los expertos del portal Nexu, mencionan que el equipo de aire acondicionado trabaja extrayendo la intensidad de calor interna del habitáculo, haciendo ingresar aire frio con el afianzamiento de un refrigerante que se encuentra incorporado dentro del motor compresor es por ello que el motor se esfuerza para poner en marcha el motor compresor una vez

activado y ese trabajo extra gasta combustible, el aire acondicionado activado consume un 10 por ciento de gasolina de lo usual, sin embargo en alternativa para bajar las ventanas del vehículo incrementa un 20 por ciento más (Televisión, Marzo,2018, pág. 1)

De acuerdo a la información obtenida por la superintendencia nacional de registros públicos (SUNARP) en la ciudad de Chiclayo, los vehículos que fueron registrados entre full equipo y estándar fueron 7103.6, y que ahora forman parte del parque automotor, con estos datos que se registraron tenemos que ver cuántos de estos son full equipo y estándar, clase de unidad vehicular y año de fabricación que no sea mayor de cinco años atrás (SUNARP, 2017, pág. 2)

La investigación realizada en los diferentes talleres de Chiclayo se obtuvo los siguientes resultados de atención

**Tabla 1.** *Crecimiento de la demanda, mantenimiento e instalación de sistemas de aire acondicionado automotriz 2014 – 2018*

SERVICIO	AÑO				
	2014	2015	2016	2017	2018
Mantenimiento	830	1,365	1,868	2,282	2,657
Instalación	1,180	2,242	3,029	4,025	4,905
Total Vehículos	2,010	3,607	4,897	6,307	7,562

Fuente: Sunarp – Chiclayo 2018

Para la Asociación Automotriz del Perú (AAP), nos dice que un vehículo familiar promedio recorre al año 20 000 Km y la frecuencia de mantenimiento para una unidad familiar o de pasajeros es de 5000 Km, esto está ligado al periodo de garantía que les dan a las unidades móviles, y que no contempla darle mantenimiento ni carga de gas a los equipos de aire acondicionado, en el manual de cada unidad dice que el mantenimiento del aire acondicionado se debe dar dado los 20 000 Km.

El parque automotor en circulación según fuente de Ministerio y Transporte y Comunicaciones en el departamento de Lambayeque tenemos según tabla que el año 2016 son 71036 vehículos en circulación (INEI, 2016, pág. P1)

**Tabla 2.** *Parque Automotor al nivel Nacional y Local 2014 – 2016*

<b>Departamento</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Total, Nacional</b>	Parque Automotor	Vehículos	24,236.96	25,441.33	27,687.61
<b>Lambayeque</b>	Parque Automotor	Vehículos	6,189.6	6,516.0	7,103.6

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Comunicaciones Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – Dirección Técnica de Indicadores y Presupuesto

Los sistemas de aire acondicionado del vehículo motorizado liviano están cargados con refrigerante R134a, que respeta el medio ambiente, cuando entra en marcha el equipo, se percibirá un ligero cambio en el régimen del motor al ralentí cuando entra en acción el compresor del aire acondicionado, nos dice el manual que es una manera normal del funcionamiento del sistema. (KIAPICANTO, 2017, pág. 102)

Según el estudio realizado, un auto que circula a 88 Km/h con las ventanas abiertas aumenta su consumo en un 20%, no obstante usar el equipo de aire acondicionado aumenta el consumo de combustible en un 10 %. (SAE, 2018, pág. 1)

En tiempo de verano el clima puede estar a una temperatura de 23 hasta 35 grados, y en época de invierno la temperatura puede estar entre 16 °C hasta 22 °C en la ciudad de Chiclayo. Este comportamiento de clima en el exterior hace que en el interior del habitáculo del vehículo su temperatura sea más elevada incorporando la temperatura del motor y de los equipos electrónicos que se encuentran operando en su interior del mismo. (SENAMHI, 2019, pág. 2)

La presente investigación tiene como formulación de problema: ¿Cómo se implementará un sistema de aire acondicionado con energía fotovoltaica para disminuir el consumo del combustible en un vehículo motorizado liviano?

El objetivo general de la investigación es proponer la implementación de un sistema de aire acondicionado, con un sistema fotovoltaico para climatizar la cabina de un vehículo motorizado liviano

Como también los siguientes objetivos específicos:

- a) Recopilar información de los niveles de radiación solar, para evaluar la factibilidad del uso de la energía solar en la ciudad de Chiclayo.
- b) Analizar la cantidad de energía que requiere el sistema de aire acondicionado.
- c) Calcular y seleccionar los elementos electromecánicos del sistema de aire acondicionado para el confort en el habitáculo.
- d) Comparar el consumo de combustible con el equipo de aire acondicionado activado y desactivado, en los vehículos automotrices livianos.
- e) Calcular económicamente el proyecto, utilizando indicadores tales como (TIR), Tasa Interna de Retorno (VAN), Valor Actual Neto, (B/C) Relación Beneficio/ Costo

La hipótesis de la investigación es que la propuesta de implementación de un equipo de aire acondicionado que utilice energía fotovoltaica para el confort dentro del habitáculo del conductor y sus ocupantes en un vehículo liviano, disminuye el consumo de combustible.

## II. MARCO TEÓRICO

Rosales A. (2014, p.2), en su tesis “Diseño, Desarrollo, Verificación, y liberación de líneas de Aire Acondicionado del sistema de Climatización”, Instituto Politécnico Nacional, México.

Se está utilizando el enfoque en la optimización del proceso de las partes pertenecientes al conjunto de materiales que contiene el sistema, además se está aplicando lenguaje de programación para así poder exportar parámetros pertenecientes a la línea de aire.

El presente estudio tiene información de los procesos de climatización automotriz obteniendo diseños para una mejor eficiencia en el sistema, incluyendo los diseños para afianzar la circulación del refrigerante.

Tello Flores P. (2016), en su tesis “Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano”, Escuela Politécnica, Nacional, México.

Los paneles fotovoltaicos de doble cara, es una alternativa innovadora y más eficiente, la tecnología bifacial desarrollada en Chile podría aportar hasta un 30 % más de energía y estaría lista en los próximos años con aplicaciones en el hogar y en edificios sostenibles, podrían generar hasta un 25 % y 30 %, de energía a las plantas fotovoltaicas, en su mayoría los módulos fotovoltaicos se instalan en un plano inclinado, que depende básicamente de la latitud, es decir, del lugar del planeta donde se encuentran con referencia a la línea ecuatorial.

Bustamante O. (2016, p.2) en su tesis “Diseño de un sistema que Utiliza Energía Solar para Climatizar la cabina de una Excavadora en Chiclayo 2016” Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.

Se plantea utilizar el ciclo de refrigeración por absorción, que utilizarán como fluido al amoniaco y al agua, que recibirán calor de la energía solar, y poder lograr el efecto de enfriamiento dentro de la cabina de la excavadora, se logró realizar un estudio del consumo de combustible con el equipo de aire acondicionado estándar que viene con la máquina, al realizar los estudios el consumo de combustible se incrementa a un 20%, debido a las condiciones ambientales dentro de la cabina.

Chafloque A. (2016, p.26), en su tesis “Diseño de un sistema de Aire Acondicionado con energía solar para climatizar el laboratorio de Servconsa – Trujillo 2016” Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo Es importante climatizar las diversas áreas de las empresas donde se elaboran labores específicas, por ejemplo, aplicar el sistema de aire acondicionado en el laboratorio de contraste de medidores, también determinaron los balances de masa y energía, en cada proceso de refrigeración y poder determinar eficazmente los parámetros de funcionamiento de cada dispositivo que forma parte de los procesos de absorción el cual se utilizó la ley de la conservación de energía.

Acosta A. (2016, p.74), en su tesis “estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano – Quito 2016” Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Mecánica, Ecuador. La presente investigación aplicada al descubrimiento del consumo de combustible y potencia del motor con el equipo de aire acondicionado activado, para identificar las cargas térmicas en la cabina, psicometría en el ambiente, determinar las temperaturas críticas.

La compañía Renault Truck sigue trabajando en las necesidades del vehículo, para alcanzar el confort óptimo hacia el usuario final, para ello ha realizado un cuidado especial de aislamiento dentro de la cabina, sobre el techo hay un deflector amovible, cuando la unidad está estacionado el deflector se despliega para proteger la cabina del sol y del aire caliente es evacuado hacia el exterior por medio de un extractor de aire que es alimentado con energía solar independiente. Cuando el automóvil se

pone en movimiento, el deflector se despliega para favorecer el aerodinamismo (híbridos y eléctricos, 2015, pág. 4)

El confort es indispensable y por lo tanto de gran importancia, y su tecnología está sujeta a muchos factores, una demasiada comodidad aislaría demasiado al conductor de su entorno, lo que puede provocar una falta percepción de información muy importante para la ruta” (el confort, conceptos básicos, 2017, pág. 1)

Los dispositivos que más importancia tienen para climatizar el habitáculo son las siguientes:

- Amplitud de la cabina
- Comodidad acústica.
- Ambiente climatizado a los 23 °C
- Sistemas de mando visibles.
- Vidrios de la puerta con sistema automático.

Las temperaturas en los locales donde se realizan trabajo sedentario son de 27 – 17 °C y donde se realizan trabajos ligeros son de 14 – 25 °C. Una instalación de climatización puede ser completa o parcial, la climatización completa trata el aire de los ambientes en todos sus parámetros: Limpieza (Ventilación, Filtrado), Temperatura (verano e invierno), humedad y presión, será parcial cuando no trate más que algunas de estas partes.

- Generación de energía térmica (frio con el evaporador o calor con radiador de calefacción)
- Transporte de esa energía térmica a donde será utilizada, este transporte se hará generalmente por gas o líquido refrigerante en forma primaria si es para enfriamiento o para calefacción respectivamente.

1. Compresor
2. Condensador

3. Válvula de expansión
4. Evaporador
5. Ventilador de la cabina (blower fan)
6. Acumulador.

**Compresor**, es el elemento que comprime el gas refrigerante, está unido al motor mediante una correa de transmisión para aprovechar la potencia de este. (TECNICAS, 2019, pág. 2)

**Condensador**, en esta fase el medio refrigerante cambia de estado gaseoso a líquido debido a la gran liberación de calor, esta fase se lleva a cabo a una temperatura de 50 – 60 °C debido a la presión obtenida en la fase anterior de compresión adiabática, el medio sale de manera líquida. (Fijó, 2006, pág. 86)

**Válvula de expansión térmica (TXV)**. Controla a un bulbo que se encuentra fuera de la válvula de expansión, que reacciona a una temperatura ambiente debido al gas refrigerante en su interior. (PUROMOTORES, 2019, pág. 1)

**Evaporador**. El evaporador se encargará de absorber el calor y el exceso de humedad dentro de la cabina del vehículo, este elemento posee aletas de aluminio por las que circula aire caliente que hace que el refrigerante contenido en los tubos se evapore, es también donde la humedad se condensa y el líquido es drenado hacia el exterior, la temperatura ideal del evaporador es de 0°C. (ARIAS PAZ, 2006)

**Ventilador de la cabina o blower fan/motor**. Este dispositivo es un ventilador que se activa eléctricamente para suministrar aire forzado dentro del habitáculo, regulando el caudal de aire que ingresa a la cabina del vehículo, su ubicación es debajo del tablero de instrumentos, en el compartimiento de la calefacción.

**Acumulador.** Funciona almacenando el líquido que se evapora, pues ingresa líquido al compresor que se puede malograr, útilmente es necesario para deshacerse de la humedad e impurezas.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable e inagotable y limpia que se puede aprovechar en el mismo lugar en el que se produce, es auto gestionada, la sostenibilidad energética en el futuro se vendrá dada por el uso de energías renovables” (MENDEZ MUÑIZ & CUERVO GARCIA, 2017, pág. 15)

Para que se produzca un efecto fotovoltaico, es decir para que haya una corriente eléctrica cuando cae energía sobre el material semiconductor, es eminente que los fotones tengan una energía mayor que un valor mínimo determinado que se denomina ancho de banda prohibida ( $E_g$ ) este valor mínimo también se denomina GAP de energía y se suele expresar en Electrón-Voltios.  $1 \text{ eV (Electrón Voltio)} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ . (MENDEZ MUÑIZ & CUERVO GARCIA, 2017, pág. 63)

Refrigeración por Compresión, se fundamenta por forzar mecánicamente la circulación del fluido en un circuito cerrado, creando Zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro. Dicha refrigeración se logra evaporando el R134a en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador, para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. (TERMODINAMICA FACIL PARA INGENIERO, 2015, pág. 11)

El gas refrigerante R 134 pertenece al grupo de los HFC (Hidrogeno, Flúor, Carbono), al no contener cloro no son miscibles con los aceites minerales solo se emplea aceite base, evapora a  $-26^\circ\text{C}$  a presión atmosférica los HFC son muy higroscópicos y absorben mucha humedad, en el sector de automoción los comerciantes están utilizando actualmente R134a en los sistemas de aire acondicionado de sus vehículos, este tipo de refrigerante también está siendo

utilizado como lubricante de polialquilenglicol (PAG) y son lubricantes de poliéster. (Tecnología, 2017, pág. 2)

Un sistema de aire acondicionado permite mantener la temperatura idónea dentro de la cabina. Los sistemas de calefacción combinan la calefacción, la temperatura exterior y el aire acondicionado de manera automática con el fin de mantener la temperatura constante. (todo mecánica, 2016, pág. 1)

La persona se siente a gusto si su entorno está a una temperatura y humedad de aire adecuadas, se concibe en un escenario de comodidad, es así que esto es parte de seguridad activa sobre la que se ejerce una influencia positiva.

**Tabla 3.** *Temperatura en un Turismo de Clase Media a una temperatura de 30 °C y una radiación solar incidente*

Área	Con aire acondicionado	Sin Aire Acondicionado
Cabeza	23 °C	42 °C
Tórax	24 °C	40 °C
Pie	28 °C	35 °C

Fuente: (Acedo, 2014, pág. 3)

Una temperatura y humedad del aire determinadas influyen sobre la seguridad de conducción y la no existencia de la fatiga, es por ello que las condiciones de verano e invierno no son las mismas.

La temperatura ideal para conducir está entre los 20 °C y los 22 °C, que es el margen agradable (A), la radiación solar intensa incidiendo sobre el vehículo puede llegar a aumentar la temperatura del interior en más de 15 °C por encima de la temperatura atmosférica, aquí es donde llega mayor peligro para el conductor y los ocupantes de la unidad, aumentando la temperatura corporal e intensificándose la

frecuencia cardiaca, el cerebro recibe una cantidad menor de oxígeno (B), en el área (C) es donde llega la mayor sobrecarga para el cuerpo, causando el llamado estrés climatológico. (Acedo, 2014, pág. 12)

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1 Tipo y Diseño de Investigación.

**Tipo de Investigación:** Aplicada

Porque busca resolver el problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo científico.

El problema presentado es real dado que la propuesta de la Implementación de un sistema de aire acondicionado activado con energía solar en los vehículos livianos

**Diseño de la Investigación:** Diseño experimental.

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés

#### 3.2 Variables y operacionalización:

Variable independiente: SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON ENERGIA FOTOVOLTAICA

Variable Dependiente: CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHICULO MOTORIZADO LIVIANO

El cuadro de operacionalización de variables se detalla en el anexo 3.

### 3.3 Población, Muestra y muestreo.

Población: Está constituido por los vehículos livianos en la ciudad de Chiclayo, entre los años de fabricación del 2004 al 2008, con cilindrada 1600 CC. Según datos de la SUNARP, tiene un registro de 1230 Unidades.

#### **Muestra:**

Cálculo del tamaño de la muestra

La expresión para determinar el número de la muestra es:

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q}$$

Dónde:

N: Total de la población. 1230 Vehículos

Za: 1.64 al cuadrado (si la seguridad es del 90%).

p: Proporción esperada (en este caso 2% = 0.02)

q= 1-p (en este caso 0.98)

d: Precisión (10%)

Reemplazando valores se tiene:

$$n = 5$$

5 vehículos serán la muestra para la investigación.

**Muestreo:** 1 vehículo por cada año de fabricación: 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: observación, análisis documental. Asimismo, los instrumentos de recolección de datos a utilizar serán:

Análisis Documental para aplicar la Norma ISO 50001.

Guías de observación para realizar las mediciones de consumo de combustible, el registro de los valores de radiación solar.

### **3.5 Procedimientos**

El procedimiento para la recolección de la información, se hizo con la data de radiación solar del SENAMHI, así como también de la medición del consumo de combustible en cada uno de los vehículos de prueba.

### **3.6 Método de análisis de datos.**

Los datos se analizan utilizando las ecuaciones que relacionan los valores de la carga térmica que requiere el sistema de aire acondicionado, con el consumo de combustible a diferentes condiciones de operatividad del vehículo, para lo cual se utiliza el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos.

### **3.7 Aspectos éticos**

El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses

## IV. RESULTADOS

4.1. Recopilar información de los niveles de radiación solar, para evaluar la factibilidad del uso de la energía solar en la ciudad de Chiclayo.

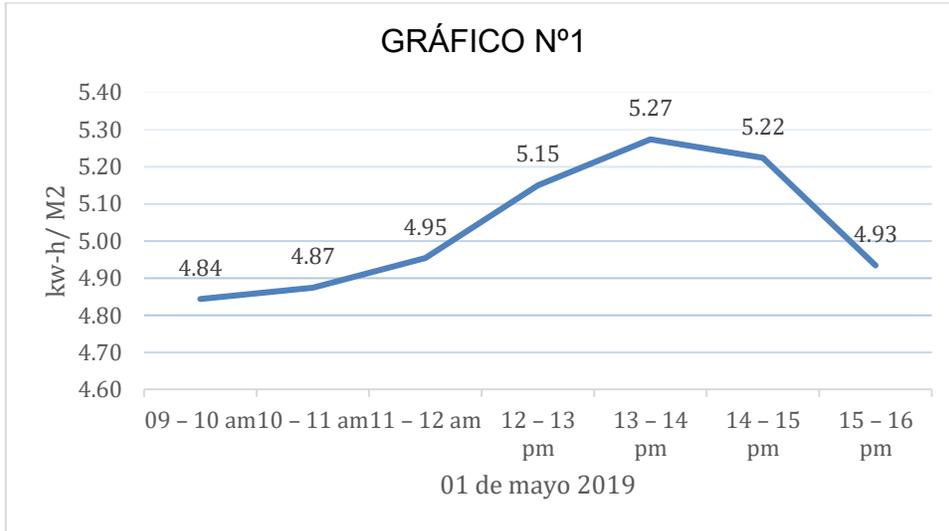
Teniendo la guía de observación se recopiló la información de la muestra y la población, anotando los parámetros de medidas que constituyen la medición de radiación solar, para evaluar su potencial energético y su factibilidad para almacenar por medio de celdas fotovoltaicas y poner en funcionamiento el motor compresor del aire acondicionado y lograr el confort idóneo en el habitáculo.

La provincia de Chiclayo se encuentra localizada al norte del Perú, su latitud sur es de  $6, 7766^{\circ}$ , en el occidente es  $79, 8465^{\circ}$ , la temperatura es variable dependiendo de la estación del año; en el verano obtenemos una temperatura de  $21 - 34^{\circ}\text{C}$  y en el invierno de  $15 - 25^{\circ}\text{C}$ . (SENAMHI, Radiación solar, 2019, pág. 2)

- a. Iniciamos la recolección de medida a las 09:00 horas
- b. Tomamos medidas cada hora, en hora punta
- c. Terminamos la toma de medición a las 16 horas
- d. Tiempo de estabilizar la medida en el equipo 1 minuto
- e. Los días de muestreo fueron: 01, 08, 15, 22, 29 de mayo.
- f. Lugar:

- Av. Augusto B. Leguía
- Av. Agricultura
- Av. Luis Gonzales
- Av. Elías Aguirre
- Av. Balta

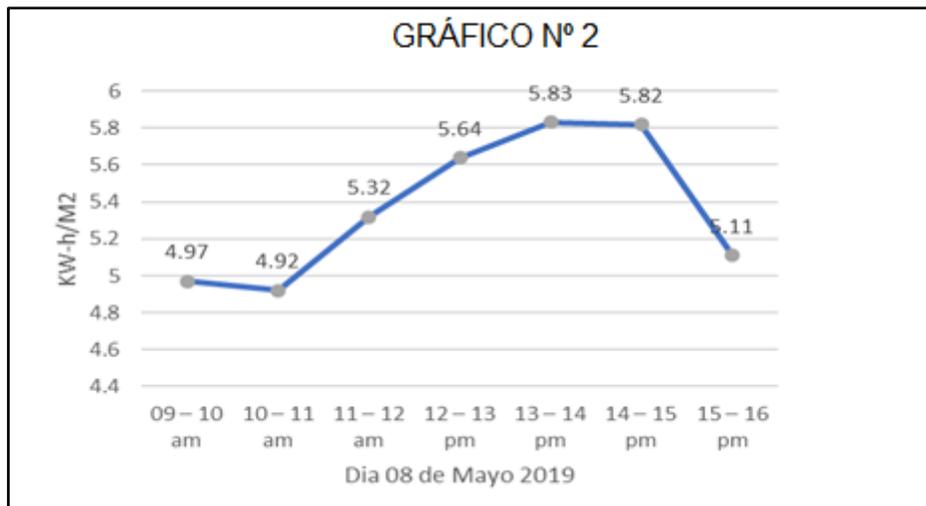
**Gráfica 1.** Evolución de niveles de radiación solar (KW/m<sup>2</sup>) en la Av. Augusto B. Leguía - Chiclayo



Fuente: Autoría Propia

En la presente grafica N°1 podemos observar que entre la 1:00 y 2:00 horas, tenemos el máximo nivel de radiación solar que logra superar los 5 KW- h /m<sup>2</sup>

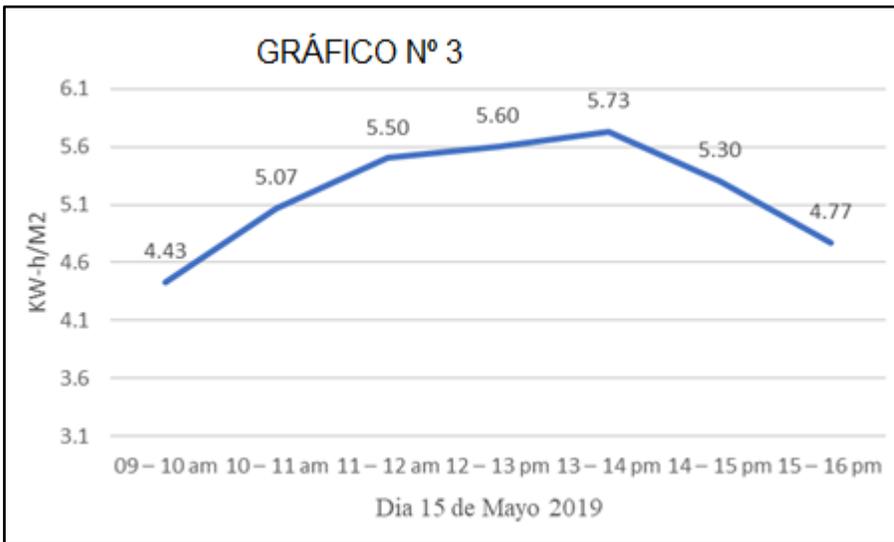
**Gráfica 2.** Evolución de niveles de radiación solar (KW/m<sup>2</sup>) en la Av. Agricultura.



Fuente: Autoría Propia

En la presente grafica N°2 podemos observar que entre la 12:00 y 2:00 horas, tenemos el máximo nivel de radiación solar que logra superar los 5 KW- h /m<sup>2</sup>

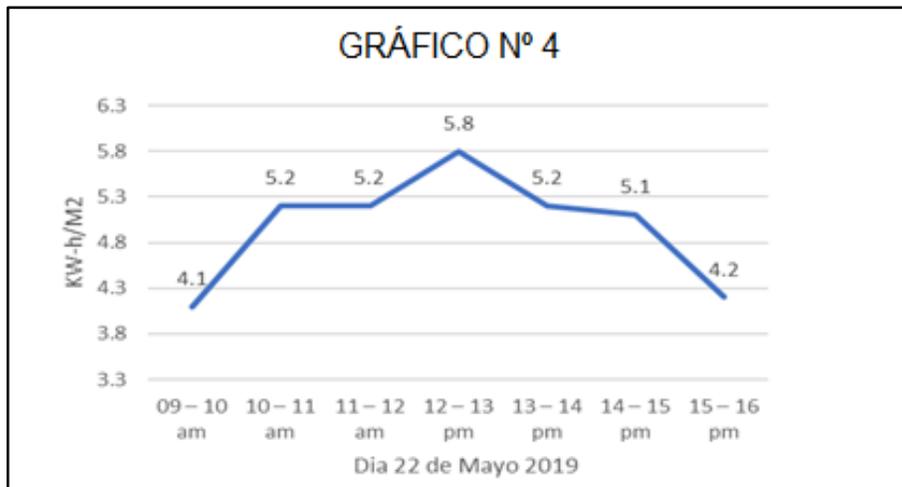
**Gráfica 3.** Evolución de niveles de radiación solar (KW/m2) en la Av. Luis Gonzales.



Fuente: Autoría Propia

En la presente grafica N°3 podemos observar que entre la 1:00 y 2:30 horas, tenemos el máximo nivel de radiación solar que logra superar los 5 KW- h /m2

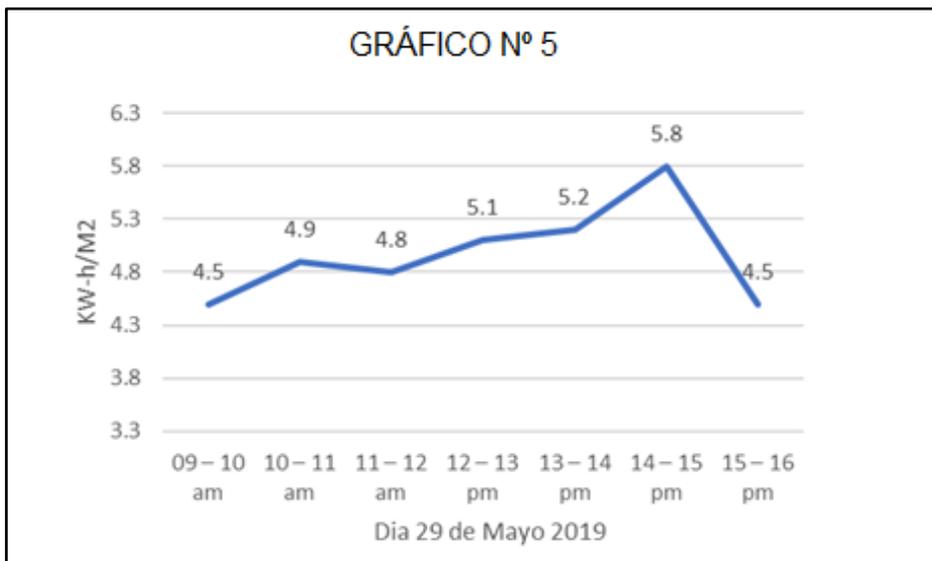
**Gráfica 4.** Evolución de niveles de radiación solar (KW/m2) en la Av. Elías Aguirre.



Fuente: Autoría Propia

En la presente grafica N°4 podemos observar que entre la 10:00 y 3:00 horas, tenemos el máximo nivel de radiación solar que logra superar los 5 KW- h /m2

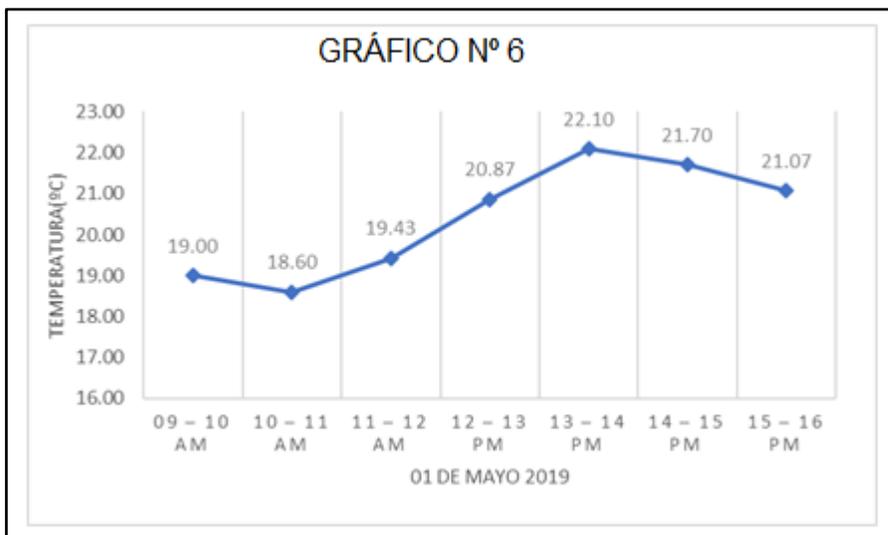
**Gráfica 5.** Evolución de niveles de radiación solar (KW/m2) en la Av. Balta.



Fuente: Autoría Propia

En la presente grafica N°5 podemos observar que entre la 12:00 y 3:30 horas, va incrementando el nivel de radiación solar que logra superar los 5 KW- h /m2

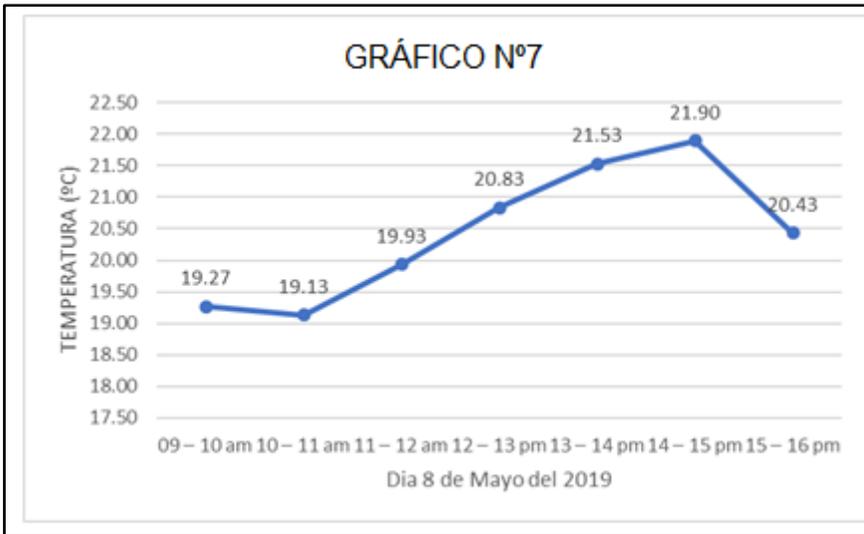
**Gráfica 6.** Variación de T° en °C. en la Av. Augusto B. Leguía - Chiclayo



Fuente: Autoría Propia

En la gráfica número 1, podemos apreciar la variación de temperatura en °C desde las 12:00 del mediodía, va incrementando hasta llegar 1:40 pm para luego ir descendiendo.

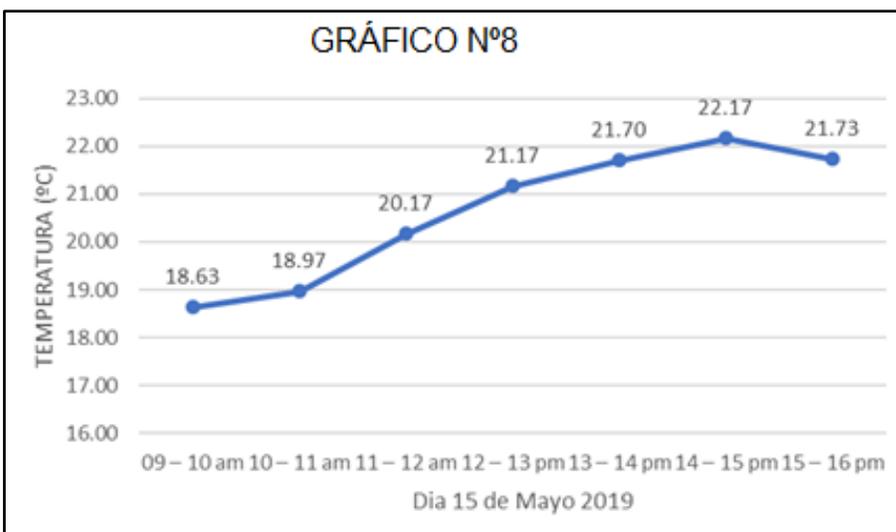
**Gráfica 7.** Variación de T° en °C. En la Av. Agricultura



Fuente: Autoría Propia

En esta grafica número 2, visualizamos el incremento de temperatura que va desde las 2:00 pm y va descendiendo prolongadamente desde las 3:40 pm

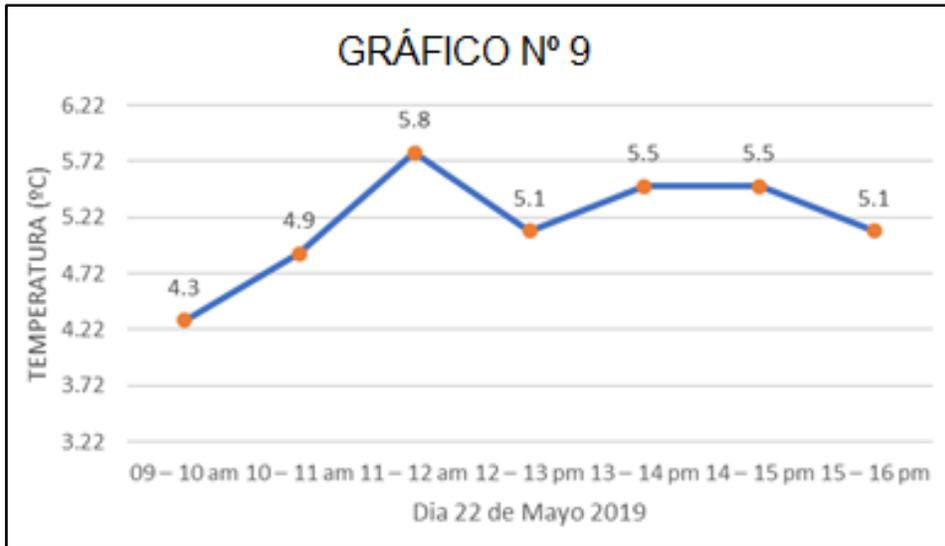
**Gráfica 8.** Variación de T° en °C. En la Av. Luis Gonzales



Fuente: Autoría Propia

En la gráfica número 3 visualizamos el incremento de temperatura desde las 2:00 pm y desciende a las 4:00 pm

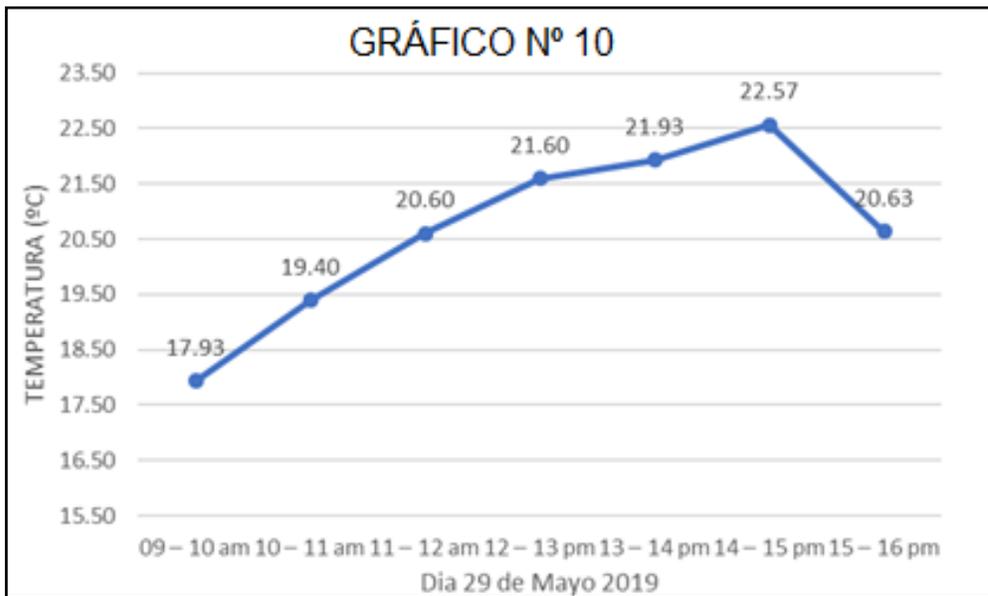
**Gráfica 9.** Variación de T° en °C. En la Av. Elías Aguirre



Fuente: Autoría Propia

La grafica número 4 apreciamos el incremento de temperatura desde las 11:00 am y viene descendiendo aproximadamente a las 1:30 pm y luego incrementa a las 2:00pm para descender de manera gradual a las 3:30pm

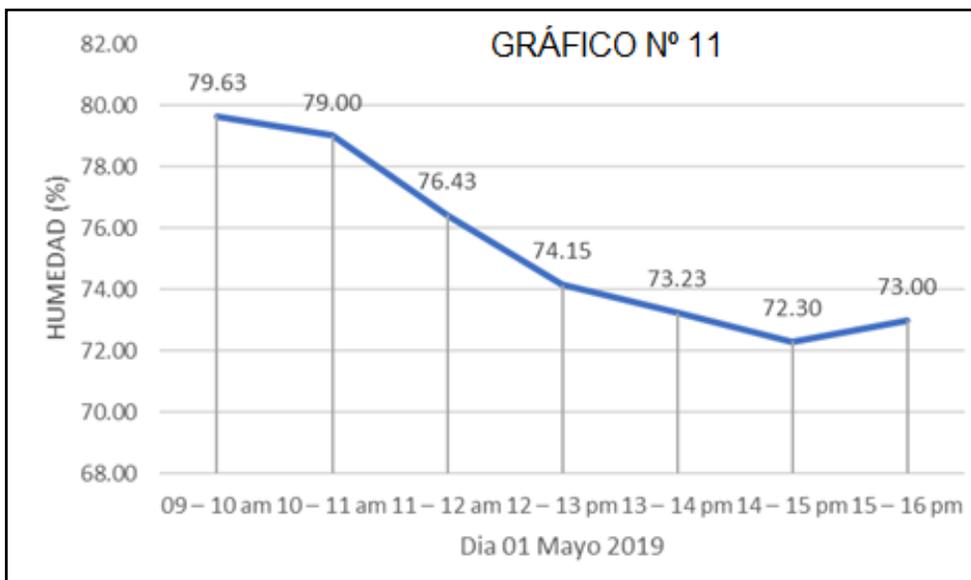
**Gráfica 10.** Variación de  $T^\circ$  en  $^\circ\text{C}$ . En la Av. Balta



Fuente: Autoría Propia

Apreciamos en esta grafica número 5 que la temperatura se incrementa desde las 11:00 am en su punto limite a las 2:30 aproximadamente y desciende desde las 3:00 pm

**Gráfica 11.** Variación de Humedad (%). En la Av. Augusto B. Leguía

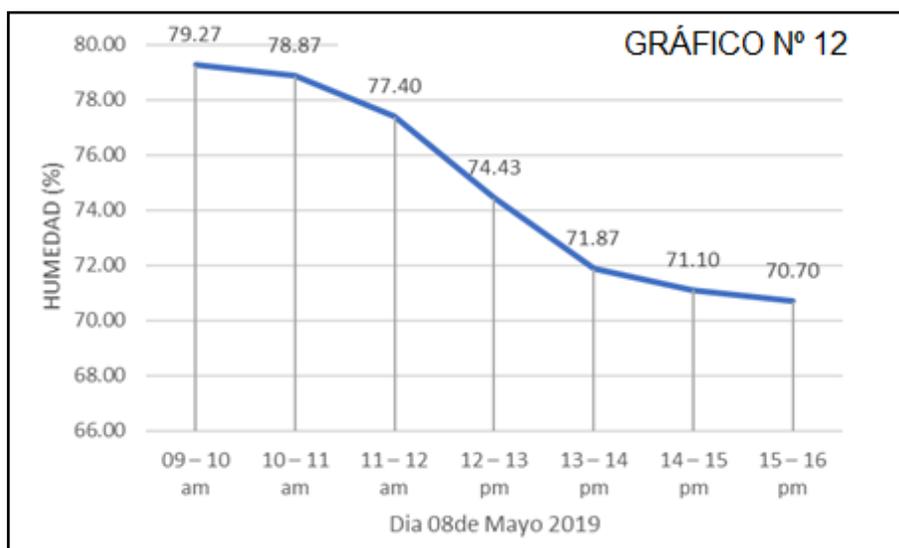


Fuente: Autoría Propia

En el grafico número 1 apreciamos la variación de humedad creciente a las 8:00 am y desciende gradualmente desde las 10:am por la salida del astro solar.

La Humedad del medio ambiente nos indica el cociente entre la humedad absoluta del medio ambiente y la cantidad máxima del vapor de agua que admite el aire por unidad de volumen y nos indica en el equipo electrónico un valor normalizado (meteorología, 2019, pág. 1)

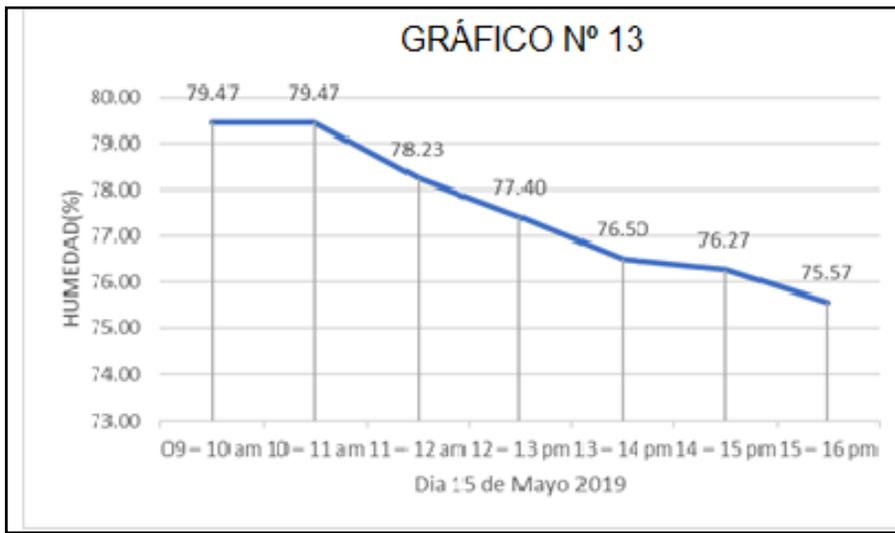
**Gráfica 12.** Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura



Fuente: Autoría Propia

La variación de humedad en el grafico número 2 se encuentra incrementado a las 9:00 am y a las 11:00 am a un 75% de humedad que viene descendiendo hasta las 3:00 pm

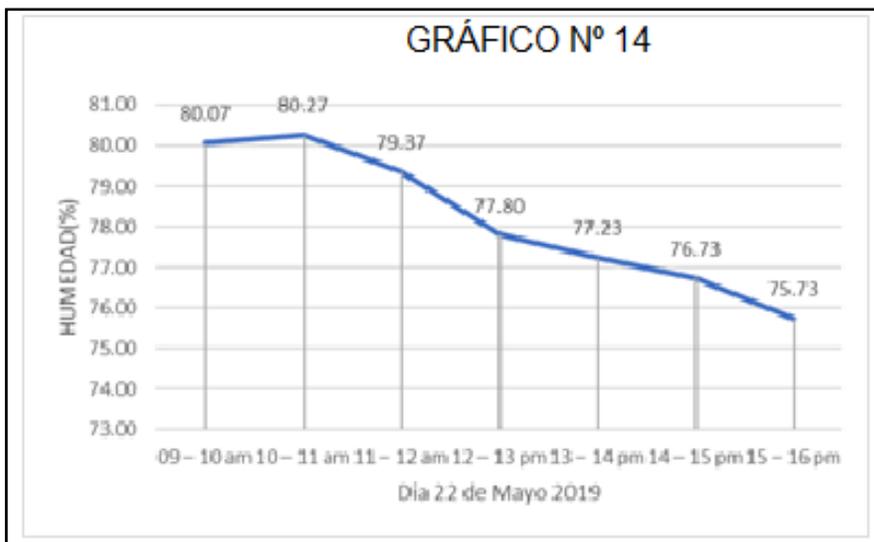
**Gráfica 13.** Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura



Fuente: Autoría Propia

La grafica número 3 nos muestra un 79.7% de humedad a las 9:00 am y a las 4:00 pm se encuentra a 75.6% debido a su variación de temperatura por los rayos del sol.

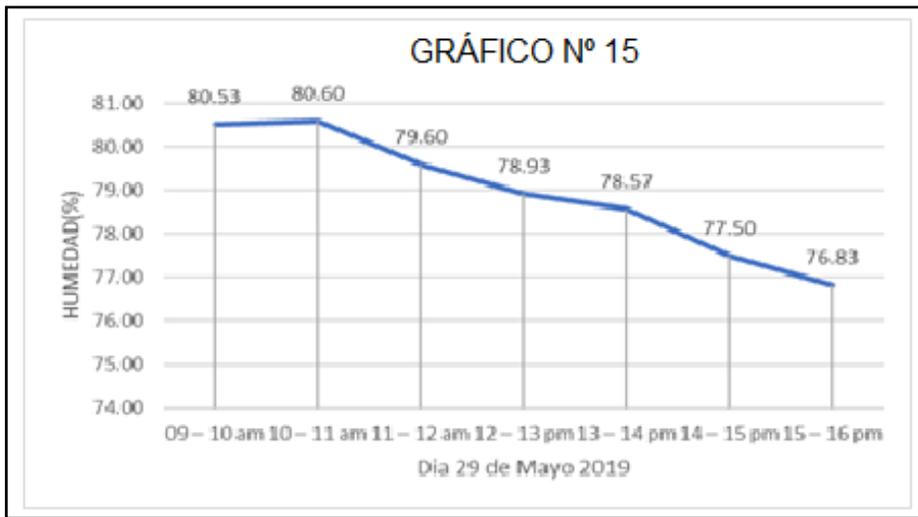
**Gráfica 14.** Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura



Fuente: Autoría Propia

El grafico número 4 hemos tenido incremento de Humedad de un 80% a las 9:00 am haciéndose sentir el clima frio por la humedad relativa, pero a las 12:00 pm la Humedad desciende hasta un 75.5%.

**Gráfica 15.** Variación de Humedad (%). En la Av. Agricultura



Fuente: Autoría Propia

El grafico número 5 demostramos que aun la Humedad relativa se encuentra a 85% a las 9:00 am incrementándose hasta las 11:00 am y descendiendo abruptamente desde las 11:30 am hasta llegar a una humedad de 77 %.

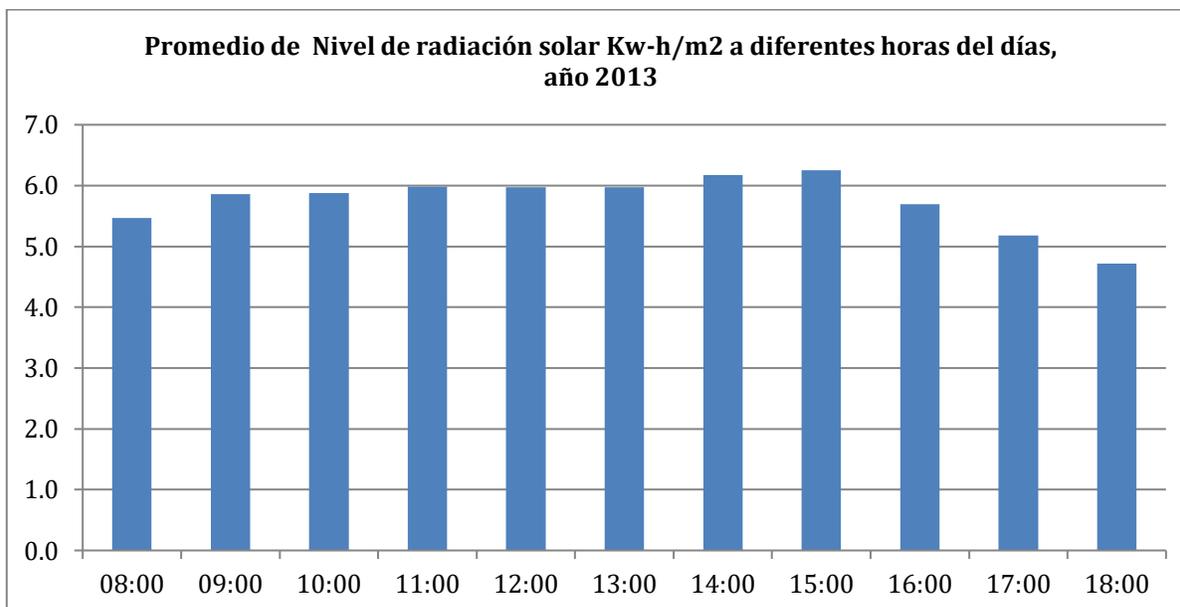
Así mismo, se tiene la información de los niveles de radiación solar en la ciudad de Chiclayo brindada por el SENAMHI, en diferentes meses entre los años 2013 al 2017

**Tabla 4. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-13	1	5.2	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	2	6.5	6.5	5.7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.9	5.4	4.9
	3	5.7	5.8	5.9	6.1	6.0	6.0	5.7	6.2	5.6	5.1	4.7
	4	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6
feb-13	1	5.7	5.8	5.9	6.1	6.0	6.0	6.3	6.2	5.6	5.1	4.7
	2	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.7	5.2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	5.8	5.9	6.1	6.2	6.1	6.1	6.4	6.3	5.7	5.2	4.7
mar-13	1	5.8	6.0	6.2	6.2	6.2	6.1	6.4	6.4	5.8	5.3	4.8
	2	5.6	5.8	5.9	5.8	6.1	6.1	6.4	6.2	5.6	5.1	4.7
	3	5.6	5.8	5.9	5.7	5.9	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	4.7
	4	5.8	5.8	5.8	6.1	6.1	6.1	6.3	6.3	5.7	5.2	4.7
abr-13	1	5.7	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	6.2	6.2	5.6	5.1	4.7
	2	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	3	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	4	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
may-13	1	5.2	5.9	5.9	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.7
	2	5.2	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	3	5.2	5.9	5.9	6.2	6.0	5.9	6.3	6.4	5.8	5.3	4.8
	4	5.2	5.8	5.8	6.1	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
jun-13	1	5.2	6.0	5.9	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	2	5.2	5.9	5.8	6.0	6.0	6.0	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	3	4.7	5.9	5.8	6.0	6.0	6.0	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	4	4.7	6.0	5.9	6.0	6.0	5.9	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
jul-13	1	4.7	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	2	5.4	5.9	5.9	6.1	6.0	6.0	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	3	5.7	5.8	5.8	6.1	6.0	5.9	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	4	5.8	5.8	5.9	6.0	6.0	6.0	6.3	6.4	5.8	5.3	4.8
ago-13	1	4.8	5.9	5.9	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.7
	2	4.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	3	4.8	5.9	5.9	6.2	6.0	5.9	6.3	6.4	5.8	5.3	4.8
	4	4.8	5.8	5.8	6.1	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
sep-13	1	5.5	6.0	5.9	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	5.8	5.3	4.8
	2	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
	3	5.9	5.9	5.9	6.2	6.0	5.9	6.3	6.4	5.8	5.3	4.8
	4	5.9	5.8	5.8	6.1	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7
oct-13	1	5.2	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	2	6.5	6.5	5.7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.9	5.4	4.9
	3	5.7	5.8	5.9	6.1	6.0	6.0	5.7	6.2	5.6	5.1	4.7
	4	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6
nov-13	1	5.7	5.8	5.9	6.1	6.0	6.0	6.3	6.2	5.6	5.1	4.7
	2	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.7	5.2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	5.8	5.9	6.1	6.2	6.1	6.1	6.4	6.3	5.7	5.2	4.7
dic-13	1	5.8	6.0	6.2	6.2	6.2	6.1	6.4	6.4	5.8	5.3	4.8
	2	5.6	5.8	5.9	5.8	6.1	6.1	6.4	6.2	5.6	5.1	4.7
	3	5.6	5.8	5.9	5.7	5.9	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	4.7
	4	5.8	5.8	5.8	6.1	6.1	6.1	6.3	6.3	5.7	5.2	4.7
	Promedio	5.5	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.2	6.3	5.7	5.2	4.7

Fuente: SENAMHI, 2019

**Gráfica 16.** Promedio de Nivel de radiación solar KW-h/m2 a diferentes horas del día, año 2013



Fuente: SENAMHI, 2019

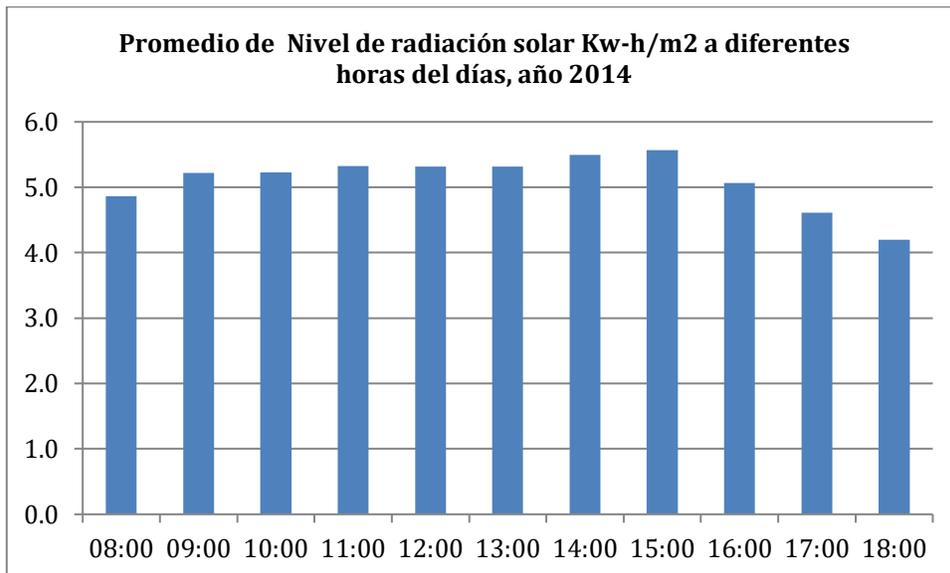
Interpretación de los registros de medición del año 2013.

Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $6.3 - 4.7 = 1.6$  kW-h/m<sup>2</sup>, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

**Tabla 5. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-14	1	4.6	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
	2	5.8	5.8	5.1	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.1	5.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.1	5.5	5.0	4.6	4.2
	4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.1	3.8
feb-14	1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.6	5.5	5.0	4.6	4.2
	2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
	3	5.1	4.6	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	4.6	4.2	3.8
	4	5.2	5.3	5.4	5.5	5.4	5.4	5.7	5.6	5.1	4.6	4.2
mar-14	1	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.4	5.7	5.7	5.2	4.7	4.3
	2	5.0	5.2	5.3	5.2	5.4	5.4	5.7	5.5	5.0	4.6	4.2
	3	5.0	5.2	5.3	5.1	5.3	5.5	5.5	5.5	5.0	4.6	4.2
	4	5.2	5.2	5.2	5.4	5.4	5.4	5.6	5.6	5.1	4.6	4.2
abr-14	1	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.5	5.5	5.0	4.6	4.2
	2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
may-14	1	4.6	5.3	5.3	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.0	4.6	4.2
	2	4.6	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	3	4.6	5.3	5.3	5.5	5.3	5.3	5.6	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	4.6	5.2	5.2	5.4	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
jun-14	1	4.6	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	2	4.6	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	3	4.2	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	4.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
jul-14	1	4.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.3	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	2	4.8	5.3	5.3	5.4	5.3	5.3	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	3	5.1	5.2	5.2	5.4	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	4	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.6	5.7	5.2	4.7	4.3
ago-14	1	4.3	5.3	5.3	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.0	4.6	4.2
	2	4.3	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	3	4.3	5.3	5.3	5.5	5.3	5.3	5.6	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	4.3	5.2	5.2	5.4	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
sep-14	1	4.9	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.7	5.2	4.7	4.3
	2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
	3	5.3	5.3	5.3	5.5	5.3	5.3	5.6	5.7	5.2	4.7	4.3
	4	5.3	5.2	5.2	5.4	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2
oct-14	1	4.6	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
	2	5.8	5.8	5.1	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.1	5.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.1	5.5	5.0	4.6	4.2
	4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.1	3.8
nov-14	1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.3	5.3	5.6	5.5	5.0	4.6	4.2
	2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
	3	5.1	4.6	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	4.6	4.2	3.8
	4	5.2	5.3	5.4	5.5	5.4	5.4	5.7	5.6	5.1	4.6	4.2
dic-14	1	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.4	5.7	5.7	5.2	4.7	4.3
	2	5.0	5.2	5.3	5.2	5.4	5.4	5.7	5.5	5.0	4.6	4.2
	3	5.0	5.2	5.3	5.1	5.3	5.5	5.5	5.5	5.0	4.6	4.2
	4	5.2	5.2	5.2	5.4	5.4	5.4	5.6	5.6	5.1	4.6	4.2
	Promedio	4.9	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.5	5.6	5.1	4.6	4.2

**Gráfica 17.** Promedio de Nivel de radiación solar KW-h/m2 a diferentes horas del día, año 2014



Fuente: SENAMHI, 2019

Interpretación de los registros de medición del año 2014.

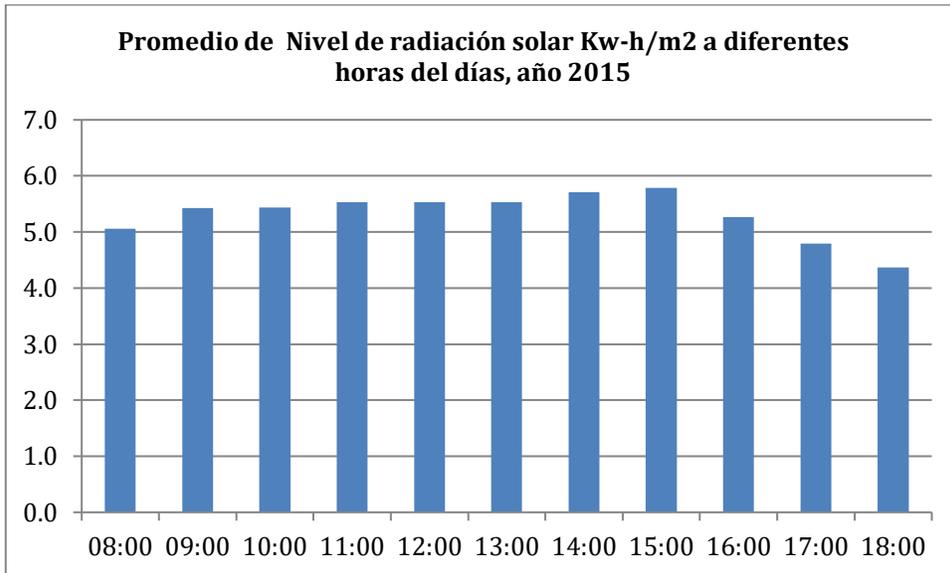
Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $5.6 - 4,2 = 1.4$  kW-h/m2, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

**Tabla 6. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-15	1	4.8	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.4	4.0
	2	6.0	6.0	5.3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5
	3	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.3
	4	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
feb-15	1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.8	5.7	5.2	4.8	4.3
	2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.4	4.0
	3	5.3	4.8	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	4.8	4.4	4.0
	4	5.4	5.5	5.6	5.7	5.6	5.6	5.9	5.8	5.3	4.8	4.4
mar-15	1	5.4	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.9	5.9	5.4	4.9	4.5
	2	5.2	5.4	5.5	5.4	5.6	5.6	5.9	5.7	5.2	4.8	4.3
	3	5.2	5.4	5.5	5.3	5.5	5.7	5.7	5.7	5.2	4.8	4.3
	4	5.4	5.4	5.4	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
abr-15	1	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.7	5.7	5.2	4.8	4.3
	2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
may-15	1	4.8	5.5	5.5	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.2	4.8	4.3
	2	4.8	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	4.8	5.5	5.5	5.7	5.6	5.5	5.8	5.9	5.4	4.9	4.5
	4	4.8	5.4	5.4	5.6	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
jun-15	1	4.8	5.6	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	2	4.8	5.5	5.4	5.6	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	3	4.4	5.5	5.4	5.6	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	4	4.4	5.6	5.5	5.6	5.6	5.5	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
jul-15	1	4.4	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	2	5.0	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	3	5.3	5.4	5.4	5.6	5.6	5.5	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	4	5.4	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.8	5.9	5.4	4.9	4.5
ago-15	1	4.4	5.5	5.5	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.2	4.8	4.3
	2	4.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	4.4	5.5	5.5	5.7	5.6	5.5	5.8	5.9	5.4	4.9	4.5
	4	4.4	5.4	5.4	5.6	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
sep-15	1	5.1	5.6	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.9	5.4	4.9	4.5
	2	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
	3	5.5	5.5	5.5	5.7	5.6	5.5	5.8	5.9	5.4	4.9	4.5
	4	5.5	5.4	5.4	5.6	5.6	5.6	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4
oct-15	1	4.8	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.4	4.0
	2	6.0	6.0	5.3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5
	3	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.3
	4	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7	4.3	3.9
nov-15	1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.8	5.7	5.2	4.8	4.3
	2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.4	4.0
	3	5.3	4.8	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	4.8	4.4	4.0
	4	5.4	5.5	5.6	5.7	5.6	5.6	5.9	5.8	5.3	4.8	4.4
dic-15	1	5.4	5.6	5.7	5.7	5.7	5.6	5.9	5.9	5.4	4.9	4.5
	2	5.2	5.4	5.5	5.4	5.6	5.6	5.9	5.7	5.2	4.8	4.3
	3	5.2	5.4	5.5	5.3	5.5	5.7	5.7	5.7	5.2	4.8	4.3
	4	5.4	5.4	5.4	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8	5.3	4.8	4.4
	Promedio	5.1	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.7	5.8	5.3	4.8	4.4

Fuente: SENAMHI, 2019

**Gráfica 18.** Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m2 a diferentes horas del día, año 2015



Fuente: SENAMHI, 2019

Interpretación de los registros de medición del año 2015.

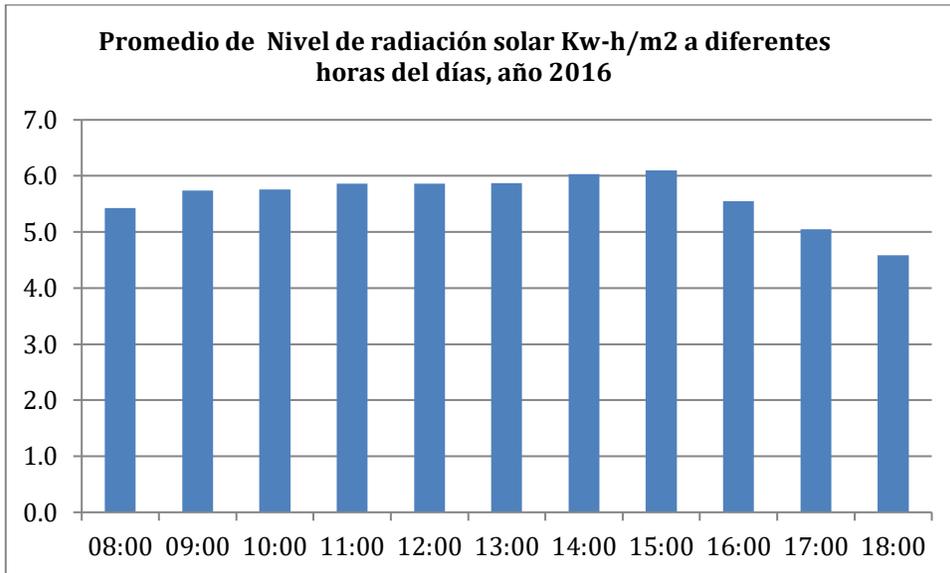
Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $5.8 - 4.4 = 1.4$  kW-h/m<sup>2</sup>, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

**Tabla 7. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-16	1	5.1	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.9
	2	6.4	6.4	5.6	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	5.8	5.3	4.9
	3	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	5.6	6.1	5.5	5.0	4.9
	4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	4.5	4.9
feb-16	1	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	5.5	5.0	4.9
	2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.9
	3	5.6	5.1	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.9
	4	5.7	5.8	6.0	6.1	6.0	6.0	6.3	6.2	5.6	5.1	4.9
mar-16	1	5.7	5.9	6.1	6.1	6.1	6.0	6.3	6.3	5.7	5.2	4.9
	2	5.5	5.7	5.8	5.7	6.0	6.0	6.3	6.1	5.5	5.0	4.9
	3	5.5	5.7	5.8	5.6	5.8	6.1	6.1	6.1	5.5	5.0	4.9
	4	5.7	5.7	5.7	6.0	6.0	6.0	6.2	6.2	5.6	5.1	4.9
abr-16	1	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	6.1	6.1	5.5	5.0	4.9
	2	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.9
	3	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.9
	4	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
may-16	1	5.1	5.8	5.8	5.6	5.7	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.3
	2	5.1	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
	3	5.1	5.8	5.8	6.1	5.9	5.8	6.2	6.3	5.7	5.2	4.5
	4	5.1	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
jun-16	1	5.1	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	2	5.1	5.8	5.7	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	3	4.6	5.8	5.7	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	4	4.6	5.9	5.8	5.9	5.9	5.8	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
jul-16	1	4.6	5.9	6.0	5.9	5.9	5.9	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	2	5.3	5.8	5.8	6.0	5.9	5.9	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	3	5.6	5.7	5.7	6.0	5.9	5.8	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
	4	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	6.2	6.3	5.7	5.2	4.5
ago-16	1	4.7	5.8	5.8	5.6	5.7	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.5
	2	4.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
	3	4.7	5.8	5.8	6.1	5.9	5.8	6.2	6.3	5.7	5.2	4.5
	4	4.7	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
sep-16	1	5.4	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.3	5.7	5.2	4.5
	2	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
	3	5.8	5.8	5.8	6.1	5.9	5.8	6.2	6.3	5.7	5.2	4.5
	4	5.8	5.7	5.7	6.0	5.9	5.9	6.1	6.2	5.6	5.1	4.5
oct-16	1	5.1	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.5
	2	6.4	6.4	5.6	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	5.8	5.3	4.5
	3	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	5.6	6.1	5.5	5.0	4.5
	4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	4.5	4.5
nov-16	1	5.6	5.7	5.8	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	5.5	5.0	4.5
	2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.2	4.7	4.5
	3	5.6	5.1	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.5
	4	5.7	5.8	6.0	6.1	6.0	6.0	6.3	6.2	5.6	5.1	4.5
dic-16	1	5.7	5.9	6.1	6.1	6.1	6.0	6.3	6.3	5.7	5.2	4.5
	2	5.5	5.7	5.8	5.7	6.0	6.0	6.3	6.1	5.5	5.0	4.3
	3	5.5	5.7	5.8	5.6	5.8	6.1	6.1	6.1	5.5	5.0	4.3
	4	5.7	5.7	5.7	6.0	6.0	6.0	6.2	6.2	5.6	5.1	4.4
	Promedio	5.4	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	6.0	6.1	5.6	5.1	4.6

Fuente: SENAMHI, 2019

**Gráfica 19.** Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m2 a diferentes horas del día, año 2016



Fuente: SENAMHI, 2019

Interpretación de los registros de medición del año 2016.

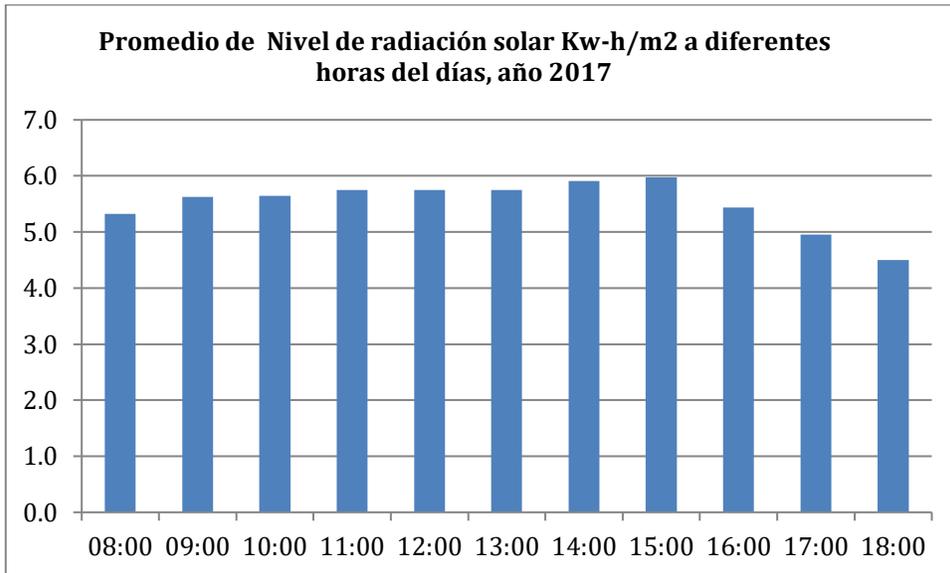
Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $6.1 - 4.6 = 1.5$  kW-h/m<sup>2</sup>, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

**Tabla 8. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-17	1	5.0	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.8
	2	6.2	6.2	5.5	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.7	5.2	4.8
	3	5.5	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	5.5	6.0	5.4	4.9	4.8
	4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.5	4.8
feb-17	1	5.5	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	6.1	6.0	5.4	4.9	4.8
	2	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.8
	3	5.5	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	4.5	4.8
	4	5.6	5.7	5.9	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	5.5	5.0	4.8
mar-17	1	5.6	5.8	6.0	6.0	6.0	5.9	6.2	6.2	5.6	5.1	4.8
	2	5.4	5.6	5.7	5.6	5.9	5.9	6.2	6.0	5.4	4.9	4.8
	3	5.4	5.6	5.7	5.5	5.7	6.0	6.0	6.0	5.4	4.9	4.8
	4	5.6	5.6	5.6	5.9	5.9	5.9	6.1	6.1	5.5	5.0	4.8
abr-17	1	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	6.0	6.0	5.4	4.9	4.8
	2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.8
	3	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.8
	4	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.3
may-17	1	5.0	5.7	5.7	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	5.4	4.9	4.2
	2	5.0	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	6.0	6.1	5.5	5.0	4.3
	3	5.0	5.7	5.7	6.0	5.8	5.7	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
	4	5.0	5.6	5.6	5.9	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
jun-17	1	5.0	5.8	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	2	5.0	5.7	5.6	5.8	5.8	5.8	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	3	4.5	5.7	5.6	5.8	5.8	5.8	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	4	4.5	5.8	5.7	5.8	5.8	5.7	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
jul-17	1	4.5	5.8	5.9	5.8	5.8	5.8	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	2	5.2	5.7	5.7	5.9	5.8	5.8	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	3	5.5	5.6	5.6	5.9	5.8	5.7	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
	4	5.6	5.6	5.7	5.8	5.8	5.8	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
ago-17	1	4.6	5.7	5.7	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	5.4	4.9	4.4
	2	4.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
	3	4.6	5.7	5.7	6.0	5.8	5.7	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
	4	4.6	5.6	5.6	5.9	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
sep-17	1	5.3	5.8	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0	6.2	5.6	5.1	4.4
	2	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
	3	5.7	5.7	5.7	6.0	5.8	5.7	6.1	6.2	5.6	5.1	4.4
	4	5.7	5.6	5.6	5.9	5.8	5.8	6.0	6.1	5.5	5.0	4.4
oct-17	1	5.0	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.4
	2	6.2	6.2	5.5	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.7	5.2	4.4
	3	5.5	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	5.5	6.0	5.4	4.9	4.4
	4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.9	4.5	4.4
nov-17	1	5.5	5.6	5.7	5.9	5.8	5.8	6.1	6.0	5.4	4.9	4.4
	2	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.1	4.6	4.4
	3	5.5	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	4.5	4.4
	4	5.6	5.7	5.9	6.0	5.9	5.9	6.2	6.1	5.5	5.0	4.4
dic-17	1	5.6	5.8	6.0	6.0	6.0	5.9	6.2	6.2	5.6	5.1	4.4
	2	5.4	5.6	5.7	5.6	5.9	5.9	6.2	6.0	5.4	4.9	4.2
	3	5.4	5.6	5.7	5.5	5.7	6.0	6.0	6.0	5.4	4.9	4.2
	4	5.6	5.6	5.6	5.9	5.9	5.9	6.1	6.1	5.5	5.0	4.3
	Promedio	5.3	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0	5.4	4.9	4.5

Fuente: SENAMHI, 2019

**Gráfica 20.** Promedio de Nivel de radiación solar Kw-h/m2 a diferentes horas del día, año 2017



Fuente: SENAMHI, 2019

Interpretación de los registros de medición del año 2017.

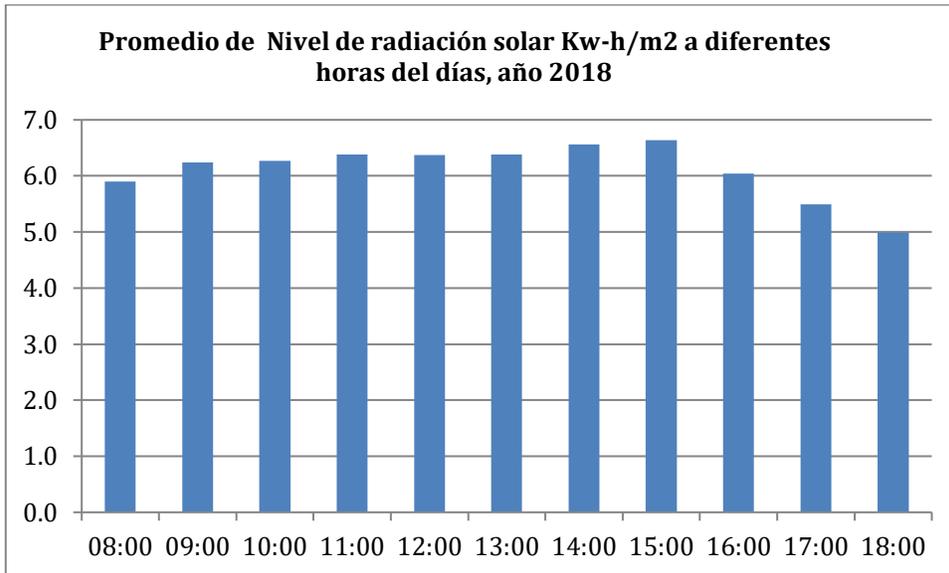
Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $6.0 - 4,5 = 1.5$  kW-h/m<sup>2</sup>, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

**Tabla 9. Datos históricos de niveles de radiación solar**

Mes	Semana del mes	Registro de Nivel de radiación solar KW-h/m2										
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
ene-18	1	5.5	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	5.3
	2	6.9	6.9	6.1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.3	5.7	5.3
	3	6.1	6.2	6.3	6.5	6.4	6.4	6.1	6.6	6.0	5.5	5.3
	4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.4	4.9
feb-18	1	6.1	6.2	6.3	6.5	6.4	6.4	6.7	6.6	6.0	5.5	5.3
	2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	5.3
	3	6.1	5.5	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	5.5	5.0	5.3
	4	6.2	6.3	6.5	6.6	6.5	6.5	6.8	6.7	6.1	5.6	5.3
mar-18	1	6.2	6.4	6.6	6.6	6.6	6.5	6.8	6.8	6.2	5.7	5.3
	2	6.0	6.2	6.3	6.2	6.5	6.5	6.8	6.6	6.0	5.5	5.3
	3	6.0	6.2	6.3	6.1	6.3	6.6	6.6	6.6	6.0	5.5	5.3
	4	6.2	6.2	6.2	6.5	6.5	6.5	6.7	6.7	6.1	5.6	5.3
abr-18	1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.6	6.6	6.0	5.5	5.3
	2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	5.3
	3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	5.3
	4	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	4.8
may-18	1	5.5	6.3	6.3	6.1	6.2	6.3	6.5	6.6	6.0	5.5	4.7
	2	5.5	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.6	6.7	6.1	5.6	4.8
	3	5.5	6.3	6.3	6.6	6.4	6.3	6.7	6.8	6.2	5.7	4.9
	4	5.5	6.2	6.2	6.5	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
jun-18	1	5.5	6.4	6.3	6.3	6.4	6.5	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	2	5.5	6.3	6.2	6.4	6.4	6.4	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	3	5.0	6.3	6.2	6.4	6.4	6.4	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	4	5.0	6.4	6.3	6.4	6.4	6.3	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
jul-18	1	5.0	6.4	6.5	6.4	6.4	6.4	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	2	5.8	6.3	6.3	6.5	6.4	6.4	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	3	6.1	6.2	6.2	6.5	6.4	6.3	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
	4	6.2	6.2	6.3	6.4	6.4	6.4	6.7	6.8	6.2	5.7	4.9
ago-18	1	5.1	6.3	6.3	6.1	6.2	6.3	6.5	6.6	6.0	5.5	4.9
	2	5.1	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
	3	5.1	6.3	6.3	6.6	6.4	6.3	6.7	6.8	6.2	5.7	4.9
	4	5.1	6.2	6.2	6.5	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
sep-18	1	5.9	6.4	6.3	6.3	6.4	6.5	6.6	6.8	6.2	5.7	4.9
	2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
	3	6.3	6.3	6.3	6.6	6.4	6.3	6.7	6.8	6.2	5.7	4.9
	4	6.3	6.2	6.2	6.5	6.4	6.4	6.6	6.7	6.1	5.6	4.9
oct-18	1	5.5	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	4.9
	2	6.9	6.9	6.1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.3	5.7	4.9
	3	6.1	6.2	6.3	6.5	6.4	6.4	6.1	6.6	6.0	5.5	4.9
	4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.4	4.9	4.9
nov-18	1	6.1	6.2	6.3	6.5	6.4	6.4	6.7	6.6	6.0	5.5	4.9
	2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	4.9
	3	6.1	5.5	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	5.5	5.0	4.9
	4	6.2	6.3	6.5	6.6	6.5	6.5	6.8	6.7	6.1	5.6	4.9
dic-18	1	6.2	6.4	6.6	6.6	6.6	6.5	6.8	6.8	6.2	5.7	4.9
	2	6.0	6.2	6.3	6.2	6.5	6.5	6.8	6.6	6.0	5.5	4.7
	3	6.0	6.2	6.3	6.1	6.3	6.6	6.6	6.6	6.0	5.5	4.7
	4	6.2	6.2	6.2	6.5	6.5	6.5	6.7	6.7	6.1	5.6	4.8
	Promedio	5.9	6.2	6.3	6.4	6.4	6.4	6.6	6.6	6.0	5.5	5.0

Fuente: SENAMHI, 2019

**Gráfica 21.** Promedio de Nivel de radiación solar KW-h/m2 a diferentes horas del día, año 2018



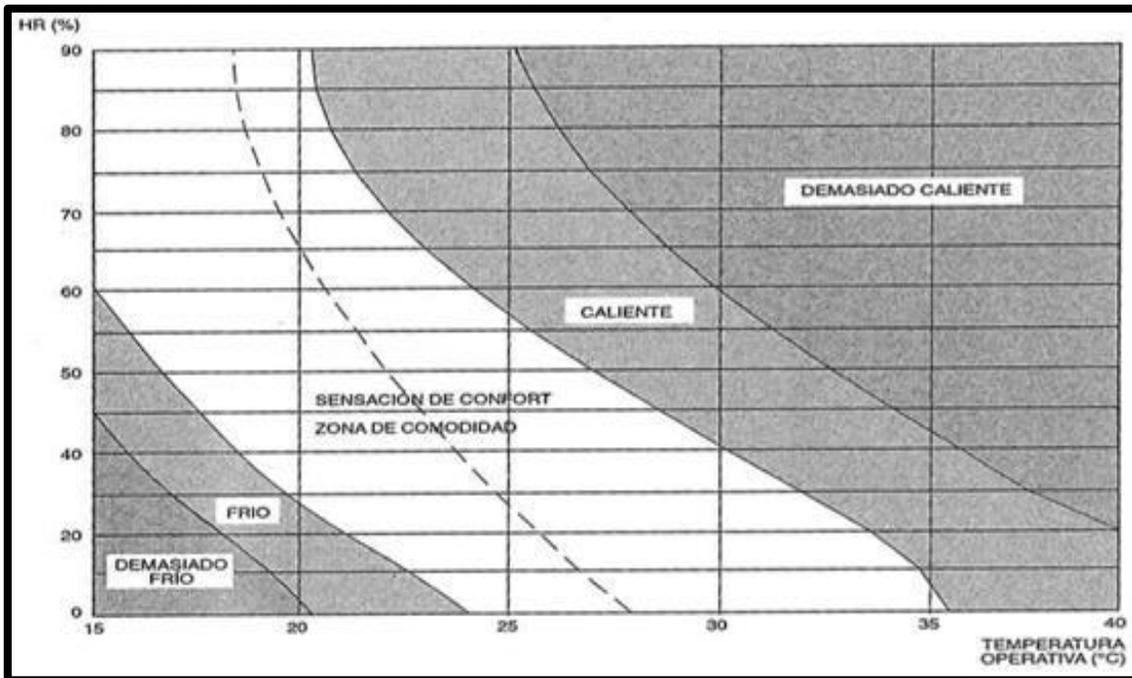
Interpretación de los registros de medición del año 2018.

Los niveles de radiación solar tienen valores mayores entre las 13 y 15 horas del día, observando que existe una relación entre el mayor nivel de radiación registrado y el menor valor registrado en un día de:  $6.6 - 5 = 1.6$  kW-h/m<sup>2</sup>, que es en términos de aprovechamiento de energía calorífica, refleja una variación significativa.

#### **4.2. Analizar la cantidad de energía que requiere el sistema de aire acondicionado.**

Permanecer dentro de un Vehículo en climas soleado y las lunas cerradas resulta demasiado peligroso porque la temperatura dentro del habitáculo alcanza los 40°C con el motor apagado y cuando conducimos el motor emana radiación que se suma con la radiación solar llegando la temperatura a 55°C con radiación directa del sol considerando que la temperatura en tiempo de verano en Chiclayo es de 35°C”

**Gráfica 22. Curva de Confort Térmico**



Fuente: Método de P.O. Fanger.

En las condiciones del método de Fanger debemos de considerar ciertas condiciones ya que según recomendaciones de la norma ISO 7730 “Ergonomía del Ambiente térmico” que equivalen la evaluación de los intervalos térmicos entre los frescos (-2) y calurosos (2) (Fanger, 2019, pág. 1)

En la tabla podemos apreciar los valores de la tasa metabólica en función a la actividad desarrollada y pueden servir al evaluador como primera aproximación.

**Tabla 10. Tasas metabólicas medias según actividad desarrollada (ISO 8996)**

CLASE	TASA (W/m <sup>2</sup> )	EJEMPLOS DE ACTIVIDADES
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente
Tasa metabólica baja	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad de hasta 2.5 Km/h)
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducir camiones, tractores, vehículos livianos caminar entre los 5.5 hasta 7 Km/h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, pedalear, empleo de sierra, caminar superior a 7Km/h
Tasa metabólica muy intensa	260	Actividad muy intensa, trabajo con hacha, cavado, subir escaleras superior a 7 km/h

Fuente: P.O Fanger 2019

La resistencia térmica de la vestimenta nos aísla térmicamente del exterior y así poder evitar termodinámicamente la transferencia de calor entre el medio ambiente y la persona ya sea por los siguientes métodos de convección, radiación o conducción, y se mide en unidades llamadas (CLO).

“La medida “clo” es una unidad de medida empleada para el índice de indumento, que procede del inglés (cloth), vestimenta la unidad equivale al aislamiento térmico de 1 clo = 0.155 m<sup>2</sup> x kW<sup>-1</sup> (metro cuadrado por kelvin partido en vatio)” (Wikipedia, Unidad de Medida de la vestimenta, 2019, pág. 1)

**Tabla 11. Resistencia Térmica de la Vestimenta**

Prenda de Vestir	Resistencia Térmica (clo)
Medias livianas	0,03
Medias Gruesas	0,04
Camisa Ligera	0,2
Camisa Gruesa	0,25
Ropa deportiva	0,37
Pantalón Ligero	0,26
Pantalón Grueso	0,44

Fuente: Autoría Propia

Las condiciones de confort recomendadas en la cabina de un vehículo motorizado liviano tiene aproximadamente unos 2 metro cúbicos, y estando con las ventanas cerradas para prevenir el ingreso de aire del exterior y el polvo, calculando la cantidad del aire que se requiere tiene un peso de 3,81 kg, que es la masa del aire que recircula y está en contacto con el conductor, seleccionamos una temperatura idónea de acuerdo a tablas de 22 °C y una humedad relativa de 60% teniendo estos datos podemos realizar el montaje de los equipos de aire acondicionado en el vehículo.

**Tabla 12. Temperatura y Humedad Recomendada**

Condiciones	Estación Invierno	Estación Verano
T° Operativa: T° Seca del aire + T° Radiante media / 2	20 – 24 °C	23 – 26 °C
Velocidad del aire	Menor a 0,15 m/s	Menor a 0,25 m/s
Humedad Relativa	50%	50%
Resistencia Térmica del Vestido	1 clo	0,5 clo

Fuente: Autoría Propia

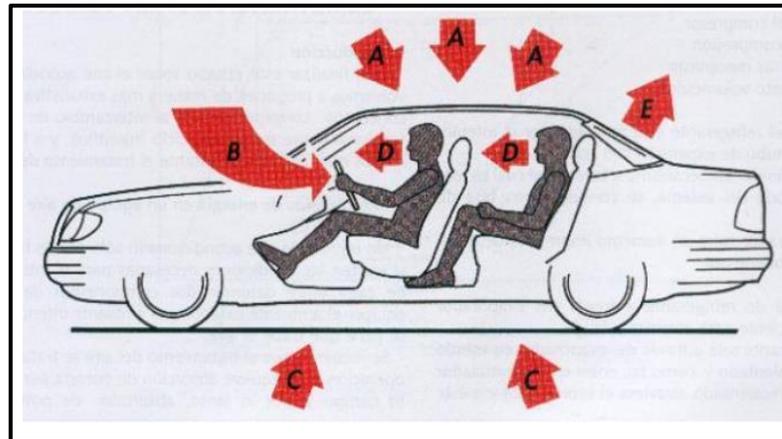
Sistema de ventilación de un vehículo liviano motorizado.

La renovación del ambiente, en los locales cerrados habitados por personas cuyo objetivo principal se basa en eliminar olores, humos y otros contaminantes que puedan mantener el aire que se respira, sustituyéndolo por aire fresco.

Al definir ventilar, cambiar y extraer el aire del interior de la cabina y sustituirlo por el aire nuevo del exterior con la finalidad de evitar su enrarecimiento, eliminando el calor el polvo, el vapor e impurezas que pueda contener en suspensión; en la cabina del vehículo ingresan calor de diversas fuentes.

- A Radiaciones que provienen del sol.
- C Radiaciones que provienen del suelo.
- D Poluciones provenientes de las personas.

Figura 1. Ingreso de calor de diversas fuentes



Fuente: Autoría Propia

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado conciernen a ajustes mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más partes, la termodinámica brinda el estudio de las propiedades de la materia y su energía interna, la transferencia de calor, en el estudio de intercambiadores de calor y soluciones técnicas, así como la ingeniería mecánica.

El método de cálculo para obtener estas cargas es demasiado extenso, a medida que los cálculos requieran de una mayor eficiencia se tendrá que tener mayor cantidad de datos para la climatización, donde la orientación, altitud y latitud de la unidad vehicular son elementales para poder obtener los cálculos de carga térmica.

El calor sensible también es un factor muy importante en el estudio para determinar el bienestar de la persona dentro del habitáculo, esto se manifiesta por un cambio de temperatura en el cuerpo cuando este gana o pierde calor, este calor no es posible medirlo directamente, se lo cuantifica conociendo el cambio de temperatura y la masa del cuerpo, tenemos la fórmula.

$$Q = mC(T_o - T_f) = mC\Delta T$$

Q: Calor en J (Kcal o BTU)

m: Masa de la sustancia Kg o Lb

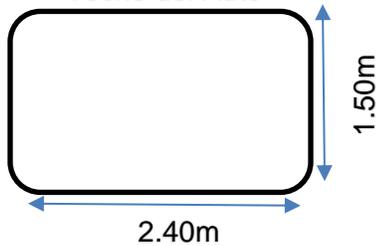
C: Calor específico de la sustancia

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura °C o °F

En función a ello, se determinó la cantidad de flujo de calor, en cada uno de los elementos que transfieren energía hacia el medio exterior.

$$\text{Área} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

Techo del Auto

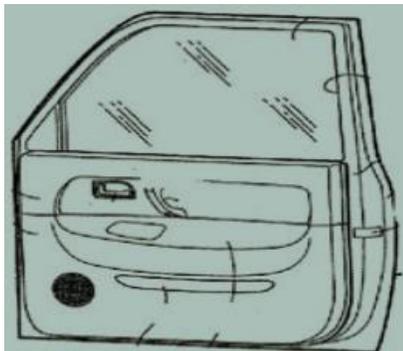


$$\text{Área} = 2.40 \times 1.50$$

$$\text{Área} = 3.6 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.53 \times 3.6 \times 25 = 227.7 \text{ watts}$$

Puertas del piloto y copiloto



$$\text{Área} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

$$\text{Área} = 0.80 \times 0.60$$

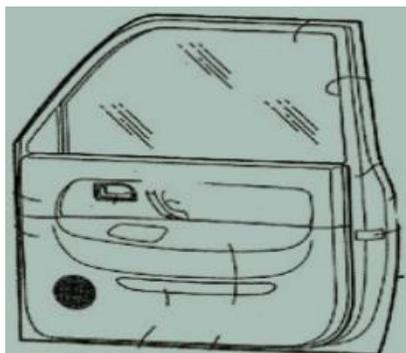
$$\text{Área} = 0.48 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.53 \times 0.48 \times 25 = 30.06 \text{ watts}$$

$$30.36 \times 2 \text{ puertas} = 60.72 \text{ watts}$$

por cada lado del vehículo del lado delantero.

0.80 m



$$\text{Área} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

$$\text{Área} = 0.55 \times 0.60$$

$$\text{Área} = 0.33 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.53 \times 0.33 \times 25 = 20.87 \text{ watts}$$

$$20.87 \times 2 \text{ puertas} = 41.74 \text{ watts}$$

por cada lado del vehículo del lado posterior.

0.55 m



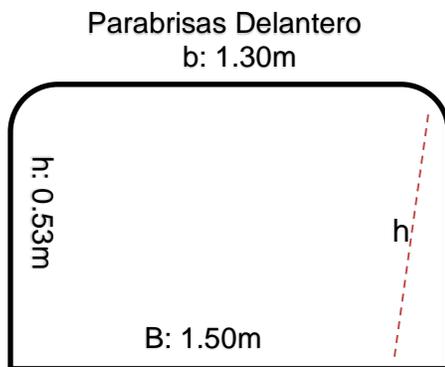
$$\text{Área} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

$$\text{Área} = 2.1 \times 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 3.15 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.53 \times 3.15 \times 25 = 199.23 \text{ watts}$$

Ahora realizaremos los cálculos térmicos de las parabrisas delantero y posterior.

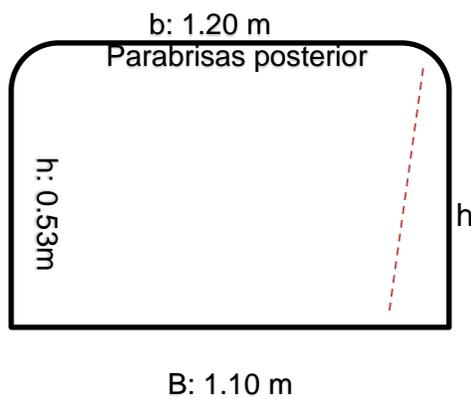


$$A = \frac{b+B}{2} \times h$$

$$A = \frac{1.5+1.3}{2} \times 0.53$$

$$A = 0.74 \text{ m}^2$$

$$Q = 5.12 \times 0.74 \times 25 = 94.72 \text{ watts}$$



$$A = \frac{b+B}{2} \times h$$

$$A = \frac{1.2+1.1}{2} \times 0.53$$

$$A = 0.60 \text{ m}^2$$

$$Q = 5.12 \times 0.6 \times 25 = 76.8 \text{ watts}$$

Vidrios de puertas



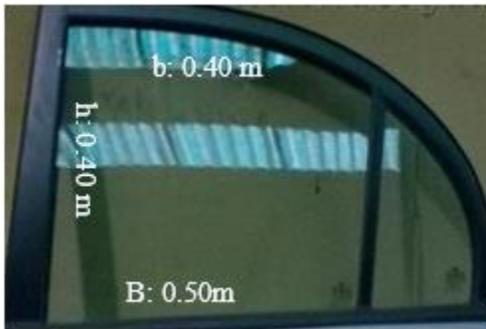
$$\text{Área} = \frac{0.45+0.75}{2} \times 0.4$$

$$\text{Área} = 0.24 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = A1 + A2 = 0.48 \text{ m}^2$$

$$Q = 5.12 \times 0.48 \times 25 = 61.44 \text{ watts}$$

Vidrios posteriores



$$\text{Área} = \frac{0.50+0.40}{2} \times 0.4$$

$$\text{Área} = 0.18 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = A1 + A2 = 0.36 \text{ m}^2$$

$$Q = 5.12 \times 0.36 \times 25 = 46.08 \text{ watts}$$

Carga total térmica por conducción es:

227.7 W
199.23 W
61.44 W
46.08 W
534.45 W

La fórmula de Fourier para calcular la radiación que ingresa por el parabrisas y los vidrios de las puertas del automóvil es.

$$Q = R \times A$$

Esto es a:

R = es la aportación que se hace a través del vidrio a una latitud 0° al medio día donde es la mayor radiación solar, 800 W/m² °K

A= es el área que vamos a considerar de todos los vidrios que está expuesto a los rayos solares, calculamos con la siguiente formula.

$$Q = 800 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K \times 2.18 m^2 = 1744 \text{ Watts} \cdot \text{ } ^\circ K$$

Ahora realizamos la sumatoria de la carga térmica:

$$\begin{aligned} & 534.45 W + 1744 \\ & = 2278.45 \text{ Watts} \end{aligned}$$

Aplicamos al total de la carga térmica el 10 % obteniendo lo siguiente:

$$C. \text{ termica al } 10\% = \frac{2278.45 W \times 10\%}{100\%} = 227.85 W$$

Ahora convertimos en las unidades de KW, Kcal, BTU.

$$KW = 227.85 \frac{1KW}{1000W} = 0.22KW$$

$$Kcal = 0.22 KW \frac{860 \frac{Kcal}{h}}{1KW} = 189.2 Kcal/h$$

$$BTU = 189.2 \frac{Kcal}{h} \times \frac{3.967 \frac{BTU}{h}}{1 \frac{Kcal}{h}} = 749.23 \frac{BTU}{h}$$

**4.3. Comparar el consumo de combustible con el equipo de aire acondicionado activado y desactivado, en los vehículos automotrices livianos.**

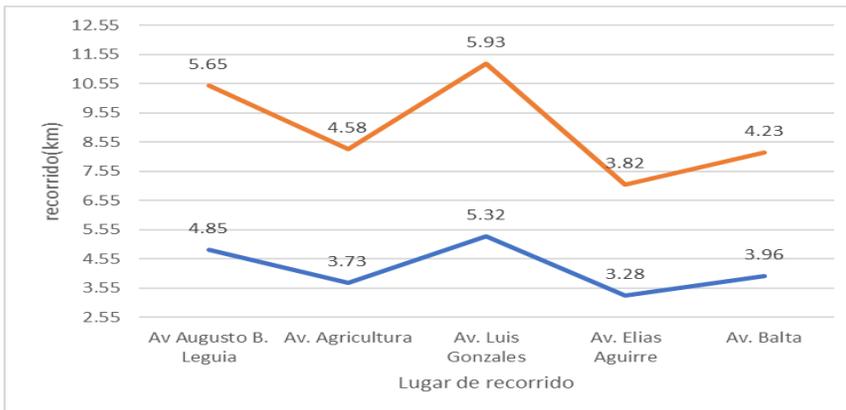
El registro de los datos corresponde al volumen de combustible en el tanque del vehículo que provienen del equipo de medición digital del tablero de la unidad, en este estudio se ha procurado mantener la velocidad a una revolución de 2000 rpm en la ruta urbana, al inicio de recorrido en los cambios de velocidad la revolución varía

**Tabla 13.** *Rendimiento del combustible con A/C activado y desactivado.*

Ruta	Rendimiento de combustible con A/C (km/l)	Rendimiento de combustible sin A/C (km/l)	Diferencia de recorrido (km)
Av. Augusto B. Leguía	4.85	5.65	0.81
Av. Agricultura	3.73	4.58	0.85
Av. Luis Gonzales	5.32	5.93	0.61
Av. Elías Aguirre	3.28	3.82	0.54
Av. Balta	3.96	4.23	0.27
TOTAL, DE RECORRIDO	21.14	24.14	3.08

Fuente: Autoría Propia

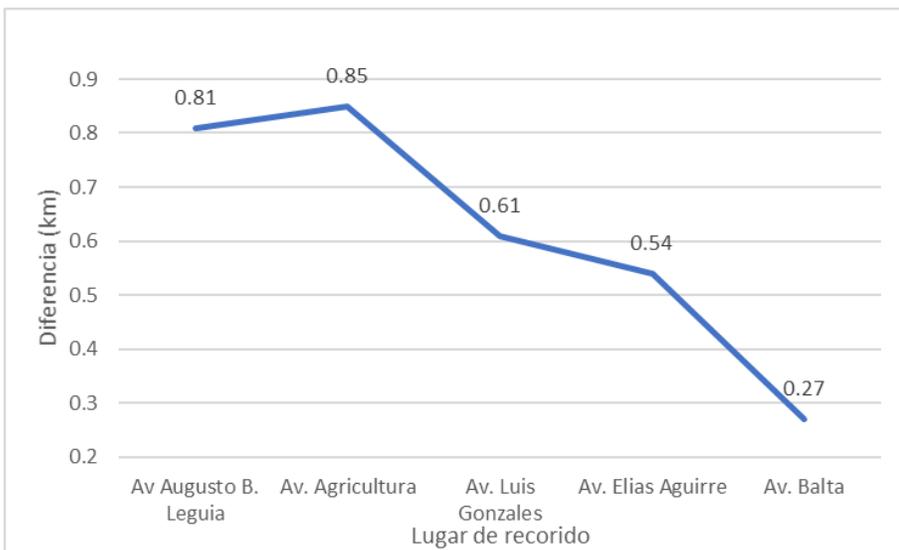
**Gráfica 23.** Rendimiento del combustible en zona urbana Chiclayo



Fuente: Autoría Propia

De acuerdo a los parámetros de resultados obtenidos en la tabla numero 16 podemos apreciar que la distancia recorrida con y sin aire acondicionado de la unidad vehicular son distintas y con ello podemos evaluar el consumo de combustible.

**Gráfica 24.** Diferencia de recorrido en (km)



Fuente: Autoría Propia

En la tabla numero 13 nos muestra los resultados obtenidos de la diferencia de recorrido entre la distancia conducida con aire acondicionado activado y la distancia obtenida sin aire acondicionado activado de acuerdo a los kilómetros recorridos.

Según la tabla número 9 muestra el recorrido del vehículo en las diferentes avenidas de la ciudad obteniendo un resultado de 21.14 kilómetros de recorrido con el equipo de aire acondicionado activado, mientras que con el aire acondicionado desactivado obtenemos un recorrido de 24.21 kilómetros de recorrido, siendo la diferencia de ambos un total de 3.08 (km) de recorrido para el estudio. Ahora para el total de recorrido hemos investigado que el auto kia rio de 1.4 litros consume por cada 40(km) de recorrido un galón siendo este su precio a 13.50 soles de noventa octanos por lo tanto la diferencia es de 3.08 (km) un costo de 3 soles con ochenta céntimos más del precio del galón.

**Tabla 14.** Rendimiento del combustible con A/C activado y desactivado.

Rutas	Consumo promedio sin A/C (lt)	Consumo promedio con A/C (lt)	Tiempo de recorrido (s)	Flujo Másico sin A/C	Flujo Másico con A/C	Potencia sin A/C	Potencia con A/C
Potencia con A/c	4.85	5.65	4825	0.000739813	0.00086184	30.92	36.03
Av. Agricultura	3.73	4.58	3270	0.000839535	0.00103085	35.09	43.09
Av. Luis Gonzales	5.32	5.93	5752	0.000680723	0.00076235	28.45	37.87
Av. Elías Aguirre	3.28	3.82	4230	0.000570704	0.00066466	23.86	27.78
Av. Balta	3.96	4.23	4150	0.000702304	0.0007157	29.36	29.92

Fuente: Autoría Propia

#### 4.4. Calcular y seleccionar los elementos electromecánicos del sistema de aire acondicionado para el confort en el habitáculo.

Datos adquiridos del motor instalado en el vehículo.

Al cargar el sistema con un gas refrigerante R-134<sup>a</sup> en baja presión los resultados serán los siguientes; Al colocar los manómetros en la línea de baja presión obtenemos:

Presión atmosférica (hpa)

Para Chiclayo es 1013 la humedad es de 77 %

Según tabla termodinámica tenemos que interpolar:

$$1000 \text{ ----- } 89.88$$

$$1013 \text{ ----- } 90.2$$

$$1200 \text{ ----- } 87.72$$

Presión absoluta en baja = 241.3 (kpa)+90.2 (kpa)= 331.5 kpa

Presión manométrica en alta = 861.8(kpa)+90.2 (kpa)= 952 kpa

$$\frac{1200 - 1000}{1013 - 1000} = \frac{87.72 - 89.88}{x - 89.88}$$

$$\frac{200}{13} = \frac{87.72 - 89.88}{x - 89.88}$$

$$15.38 = \frac{-2.16}{x - 89.88}$$

$$15.38(x - 89.88) = -2.16$$

$$x - 89.88 = \frac{-2.16}{15.38}$$

$$x = 89.88 - 0.14$$

$$x = 89.88 - 0.14$$

$$x = 89.74 \text{ kpa}$$

La presión absoluta en baja presión que obtuvimos del experimento en baja es 331.5 kpa

de igual manera es en presión absoluta en alta 952 kpa

los datos de la línea de alta presión con el refrigerante 134<sup>a</sup> saturado lo encontramos en la tabla A-12

vamos a interpolar los resultados obtenidos en la tabla termodinámica

$$950.6 \text{ kpa} = 104.61$$

$$952.0 \text{ kpa} = x$$

$$1000 \text{ kpa} = 107.32$$

$$\frac{1000 - 950}{952.0 - 950} = \frac{107.32 - 104.61}{x - 104.61}$$

$$25 = \frac{2.71}{x - 104.61}$$

$$25(x - 104.61) = 2.71$$

$$(x - 104.61) = \frac{2.71}{25}$$

$$x - 104.61 = 0.1084$$

$$104.71 \text{ kpa}$$

Interpolamos los datos de la línea de baja presión a 331.5 kpa

$$320 \text{ kpa} \text{ --- --- --- } -251.88$$

$$331.5 \text{ kpa} \text{ --- --- --- } -x$$

$$360 \text{ kpa} \text{ --- --- --- } -253.81$$

$$\frac{360 - 320}{331.5 - 320} = \frac{253.81 - 251.88}{x - 251.88}$$

$$\frac{400}{101} = \frac{253.81 - 251.88}{x - 251.88}$$

$$3.47 = \frac{1.93}{x - 251.88}$$

$$3.47(x - 251.88) = 1.93$$

$$x = 252.43 \text{ kpa}$$

Todas las cargas del refrigerante R- 134 a se realizará por el sistema de baja presión.

En el caso del nuevo vehículo Toyota Prius, el aceite refrigerante que utiliza el compresor tipo SCROLL es ND-11 compatible con el refrigerante 134a este líquido viscoso no afecta el aislamiento del bobinado del motor.

La bomba CROLL es silenciosa y su consumo de energía es baja para un rendimiento de bombeo es muy alta a bajas velocidades.

Analizamos el refrigerante R – 134 a y encontramos una tabla que creemos que es de importancia para ver el comportamiento de la temperatura del refrigerante según su altitud, debemos mencionar que la ciudad de Chiclayo se encuentra a una altitud de 27 msnm.

**Tabla 15. Comportamiento del refrigerante según su altitud**

Altitud msnm (m)	Temperatura del Refrigerante °C					
	< 30	30 – 40	45	50	55	60
1000	1.07	1.00	0.96	0.92	0.87	0.82
2000	1.00	0.94	0.90	0.86	0.82	0.77
2500	0.96	0.90	0.86	0.83	0.78	0.74

Fuente: Autoría Propia

### **Sistemas de aire acondicionado por compresión**

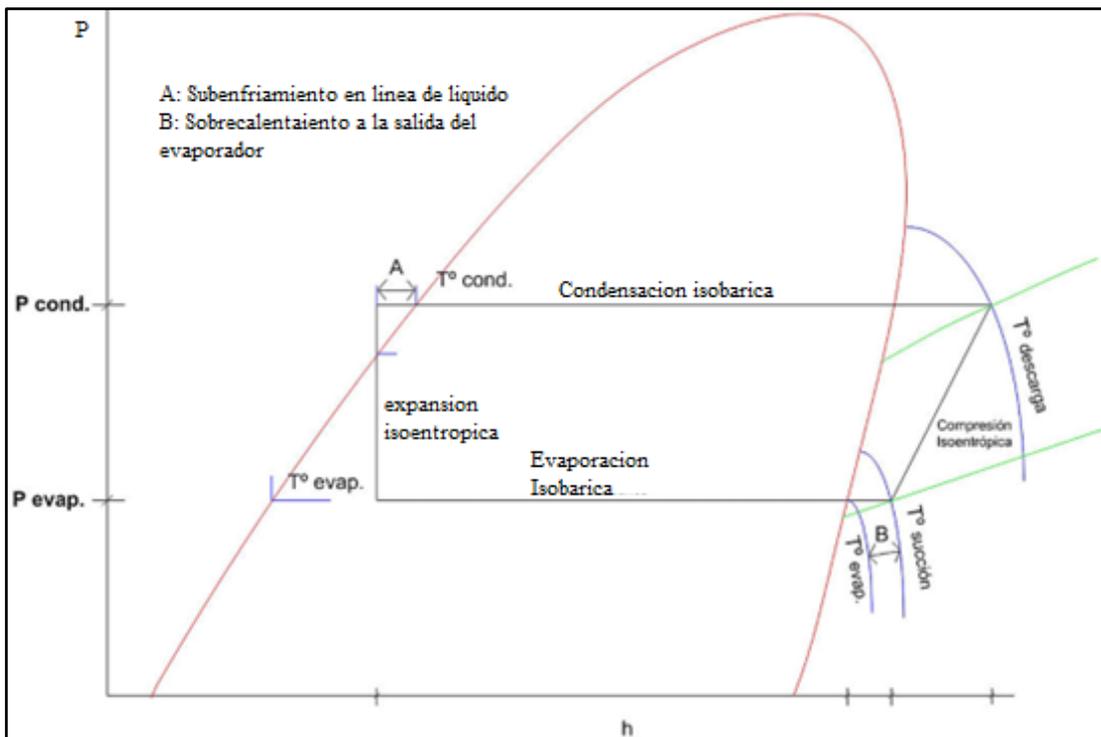
En este tipo de trabajo se realiza el desplazamiento de la energía térmica entre dos puntos, realizando zonas de alta y baja presión confinadas a intercambiadores de

calor, esto sucede cuando el refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor.

Este proceso se realiza evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor llamado evaporador existen dos tipos de compresión.

- Sistema de compresión simple, es la que eleva la presión del sistema mediante una sola carrera de compresión es el más común de los sistemas de aire acondicionado ampliamente utilizado hoy en día para climatizar ambientes.
- Y el sistema de compresión múltiple, es la solución de compresión ideal para bajas temperaturas debido a las altas relaciones de compresión que estos sistemas superan.

**Figura 2.** Diagrama  $p-h$  para sistema frigorífico de una etapa por compresión mecánica.



Fuente: Pablo Méndez B.

### El motor eléctrico:

Será un motor eléctrico de 220 voltios 60 Hz, su consumo de amperios es de 7 amperios, modelo AJA4512YXD con una capacidad de 12000 BTU con aplicación de HBP – alta y baja presión, según nuestro calculo requerimos para climatizar el habitáculo de la cabina 9927.81 BTU.

- Prueba de funcionamiento, encendido y apagado del equipo.

Se puso en funcionamiento el equipo de aire acondicionado y obtuvimos los siguientes resultados de tiempo de encendido y apagado:

Encendido = 5.33 segundos

Apagado = 13.6 segundos

Sacamos el porcentaje de tiempo de encendido:

$$\frac{5.33 * 100}{(5.33 + 13.6)} = 28.15 \%$$

Luego de tomar las medidas con el manómetro procedimos a entrar en la cabina del vehículo para realizar las pruebas correspondientes.

En la salida de aire por los ductos de la cabina tiene una medida de 8 – 12 °C y para poder absorber todas las kilocalorías de cada persona que se encuentra dentro de la cabina y la cabina se mantenga a una temperatura de 22 – 25 °C

**Gráfica 25.** Evolución de acondicionamiento en la cabina



Fuente: Autoría Propia

**\*Cálculo del panel solar**

Ex = consumo diario

Hsp = hora polar pico

P= potencia del panel

E= [w]

$$\frac{Ex * 1.3}{HSP * Wp}$$

$$Ex = 0.22Kw$$

$$E = \frac{0.22 Kw}{4h} = 0.055kw/h$$

$$E = 55 w$$

Ahora sacamos el resultado para un mes

$$E = \frac{0.55 Kw/h}{30 dias} = 1.83 kw/dia$$

$$\frac{1830w * 1.3}{4h * 340 w} = 1.74$$

Se utilizarían dos paneles de 340 w

Calculamos el banco de baterías que se utilizaría.

$$\frac{E}{Vt} = Id$$

$$\frac{1830w}{12} = 152A$$

$$CB = \frac{DIAS * ID}{0.7}$$

$$\frac{1d * 152}{0.7} = 218 A$$

Consideraríamos dos baterías de 150 amperios 12 voltios, para resistir un día de funcionamiento.

**4.5. Calcular económicamente el proyecto, utilizando indicadores tales como (TIR), Tasa Interna de Retorno (VAN), Valor Actual Neto, (B/C) Relación Beneficio/ Costo**

Para este proyecto se tomó en cuenta la tasa interna de retorno, el valor actual neto y la relación beneficio – costo, la condición de estos ítems es analizar la recuperación de la inversión realizada, para recuperar el capital con una estimación realizada de un año.

**Tabla 16. Costo de inversión**

Ítems	Unidad	Cantidad	Costo	Costo total
Equipos adquiridos	Motor eléctrico e instalación de todo el equipo eléctrico	Cj	1500	S/1500
	Gas refrigerante	unidad	50	S/50
	soldadura		Cj	18
	Panel solar, batería y convertidor	Cj	2000	S/2000
Total				S/.3068

**Inversión Inicial del Proyecto.**

La inversión que vamos a realizar en esta investigación, tiene una inversión inicial de acuerdo al costo de todos los equipos que vamos a instalar en el vehículo, así como los gastos de mano calificada.

### **Costo por Mantenimiento.**

El costo para realizar el mantenimiento de todos los equipos instalados es para alargar la vida útil de todo el sistema instalado de acuerdo a su buen uso.

Se estima que el primer año se tendrá el 1% de costo por mantenimiento dando rentabilidad al proyecto.

El mantenimiento de dicho sistema solo se trataría de cambiar el filtro de aire y tomar mediciones de temperatura y medidas de consumo de energía, el panel solar instalado es un equipo de libre mantenimiento solo se limpiaría con paño húmedo el panel solar para poder captar más los rayos del sol.

El motor por ser eléctrico y hermético solo se mediría aislamiento para poder certificar su funcionamiento.

### **Cuantificación de los beneficios económicos del proyecto.**

El proyecto ejecutado tendrá varios beneficios.

- Un mejor rendimiento del conductor de taxi para trabajar en horas punta, y así obtener mayores ingresos y recomendarse así mismo con los clientes por tener su unidad vehicular acondicionada, este sistema va de acuerdo con las normas de salud ocupacional según ISO 45001.

El ingreso diario de un taxista es de 120 soles diarios, consideramos que se trabaja de ocho a diez horas al día esto nos resultaría con un +5% sería,  $120+6 = 126$  soles diarios, esto tiene un incremento de 6 soles al día y si analizamos que se tiene un rendimiento de 30 días entonces estaríamos calculando  $6 \times 30 = 180$  soles mensuales de ganancia.

Mediante el cálculo podemos obtener en  $30 \text{ días} \times 8 \text{ horas} \times 6 \text{ soles} = 1440$  soles.

- Al poner en funcionamiento nuestro sistema de aire acondicionado no vamos a usar un motor acoplado por fajas, esforzando al motor de combustión a

realizar un trabajo, el ahorro es de un 20%, anteriormente hemos realizado los cálculos, en la tabla numero 7 nos muestra el ahorro de combustible con un promedio de 0.85 km. Por cada cinco kilómetros de recorrido dentro de la ciudad de Chiclayo.

Si 0.85 km de recorrido por cada cinco kilómetros, en las ocho horas de trabajo al día tiene un consumo de 64 soles que serían cinco galones de Gasol 90 octanos, en cinco galones un kia rio recorre 220 km por día sin encender el aire acondicionado a esto incorporaremos activar el aire acondicionado que se encuentra acoplado por faja de transmisión al motor aumentaría su consumo de combustible.

Calculando el consumo de combustible a un 20% si activamos el aire acondicionado sería  $220\text{km} \times 20\% / 100 = 44$  km más de recorrido en 44 km sería un galón de consumo más de combustible que está a 13 soles el galón.

A una jornada de 30 días,  $44 \text{ km} \times 30 \text{ días} = 1320 \text{ km}$ , que serían un promedio de 390 soles mensuales usando el equipo de aire acondicionado acoplado al motor. Esto al año es un ahorro de 4680 soles

- La realización del presente proyecto tiene la finalidad de poder ahorrar combustible en el uso de aire acondicionado y disminuir algunas toneladas de dióxido de carbono hacia e medio ambiente.

La cuantificación total será de acuerdo a la suma del análisis antes mencionado:  $1400 + 4680 = 6080$  nuevos soles anuales.

## Flujo de caja de proyecto.

**Tabla 17.** Ingresos y egresos del proyecto.

Tiempo de obtener la inversión		Año	
		0	1
Ingresos (S/.)			6080
Egresos (S/.)	Inversión inicial (S/)	3068	
	Costo de mantenimiento (S/)		350

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de inversión se adquirió de un banco el cual tiene un interés anual del 14% por lo tanto la cuota de pago para la entidad bancaria se determinaría de la siguiente manera.

$$R = \frac{INV\{i * (1 + i)^N\}}{(1 + i)^N - 1} + i$$
$$R = \frac{3068(0.14 * (1 + 0.14)^3)}{(1 + 0.14)^3 - 1}$$

R= 1321,48 nuevos soles

Dónde:

R: Amortización de capital

INV: Inversión Inicial

N: Número de años

**Tabla 18. Flujo de caja del Proyecto.**

Tiempo de obtener la inversión		Año	
		0	1
Ingresos (S/.)			6080
Egresos (S/.)	Inversión inicial (S/)	3068	
	Amortización de la inversión (S/)		1321.48
	Costo de mantenimiento (S/)		350

Fuente: Autoría Propia

Cálculo de la variable, valor actual neto.

Todos los ingresos mensuales de trabajo del taxista, llevándolos al momento de la inversión inicial del proyecto, con una tasa de interés del 3 % mensual.

Los ingresos actualizados inicialmente del VAN son:

$$la = \frac{Ra * (1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n}$$

$$la = \frac{6080 \times 1,14}{0,14 \times 2}$$

$$= 24754,28 \text{ nuevos soles}$$

Dónde:

la: ingresos actualizados del año

i: tasa de interés 14% anual

Ra: Ingresos anuales 6080 nuevos soles

n: Número de años 1

Los gastos de mantenimientos actualizados al año cero lo obtenemos de la siguiente manera:

$$Ca = \frac{Rc * (1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^N}$$

$$Ca = \frac{350 * (1 + 0.14)^1 - 1}{0.14 * (1 + 1)^N}$$

$$Ca = 1425.0 \text{ nuevos soles}$$

Ahora actualizamos el valor neto del proyecto obtenemos restando el VAN y así podemos obtener los costos reales actualizados.

$$24754,28 - 1425 = S/23329,28 \text{ Nuevos Soles}$$

La tasa interna de retorno (TIR) lo calculamos de esta manera:

Lo realizamos mediante los ingresos actualizados y los costos actualizados con una tasa de interés a determinar que es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Rd * (1 + TIR)^n - 1}{TIR * (1 + TIR)^N}$$

Dónde: Inversión Inicial S/ 3068.00

Rd: Ingresos – Costos = S/ 6080 – S/350.0 = S/5730

N: Número de años (1)

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Calculamos y encontramos que nos arroja un porcentaje de 189.73% en cinco años y en un año nos sale 86.77% con un valor actual neto a un año de S/ 1958.32 con una tasa de descuento de 14% anual.

En la relación beneficio costo podemos calcularlo de la siguiente manera:

$$Bc = \frac{6080 - 350}{3068} = 1.86$$

Este valor hace la diferencia de variabilidad para la ejecución del proyecto, que consta de implementación de un sistema solar fotovoltaico en un vehículo menor para poner en funcionamiento un equipo de aire acondicionado y climatizar la cabina, y dar comodidad a sus ocupantes.

## V. DISCUSIÓN

INDICADOR 01: Proceso de refrigeración por compresión

INDICADOR 01.1: Radiación solar

INDICADOR 01.2: Entalpia de R 134 a

INDICADOR 01.3 Calculo frigorífico

INDICADOR 01.4 Calculo fotovoltaico

Síntesis de Resultados:

Mediante los cálculos obtuvimos resultados básicamente del interior de la cabina del vehículo y la cantidad de kilo joule a absorber, también hemos hallado los BTU que es la capacidad frigoría para el dimensionamiento de dicho habitáculo y con ello hemos investigado la tabla termodinámica de la entalpia para determinar el estado del gas R134a en las diferentes etapas termodinámicas.

El Motor Compresor Eléctrico:

El motor compresor eléctrico será alimentado por medio del panel solar con un convertidor de energía de 12 a 220 y el consumo según las muestras en el desarrollo fue de 6.2 amperios, este equipo ira instalado en el mismo lugar donde estuvo el motor compresor por faja, se instalará una base para adaptarlo.

El Condensador:

Este equipo se instaló en la parte delantera del radiador del vehículo para aprovechar el ventilador del radiador de agua de la unidad, esto con la finalidad de obtener mejores resultados en el enfriamiento del gas R134a y así favorecer al cabio termodinámico de líquido a vapor que se realiza en dicho equipo.

El Evaporador:

Este dispositivo eléctrico que contiene tubería de aluminio con platinas delgadas para que facilitan el intercambio de temperatura en el habitáculo, mediante los

cálculos obtuvimos una capacidad frigorífica de 12000 BTU que es igual a una tonelada de refrigeración, en el sistema internacional de unidades esto equivale a 3,517 KW.

Estos cálculos fueron necesarios para climatizar el interior del habitáculo a 22 grados centígrados que es el clima propicio según las normas de salud y bienestar en el trabajo que antes hemos señalado.

Este equipo se encuentra ubicado en el interior de la cabina con un desfogue de agua para la condensación, mediante un ventilador llamado Flower hacemos circular el aire del interior, para poder mezclar las moléculas de aire caliente con las que salen del evaporador.

#### Consecuencias

Consecuentemente debe permanecer estable la absorción solar por los paneles solares, de variar la radiación solar, la carga de la batería disminuiría y con ello el rendimiento del motor compresor y cambiaría la sensación térmica en el interior de la cabina vehicular.

#### Propuesta

La instalación de un equipo de aire acondicionado dentro de la cabina vehicular es viable en lo económico y ambiental, hemos logrado climatizar el habitáculo a 20 °C, con una humedad relativa a las 11 de la mañana de unos 72 %, en un día soleado de 5.5 W-h/m<sup>2</sup> según medición con el equipo solarímetro.

no hemos tenido la necesidad de utilizar el motor del vehículo para mover el motor compresor, ya que este es un motor compresor eléctrico, alimentado por medio de la energía solar y poder ahorrar combustible, no buscamos alterar el diseño de la cabina ni tampoco dañar la estética de la ubicación de los equipos que vienen instalados, hemos realizado un plano tal y como se muestra en el anexo adjunto, la propuesta además incentiva el uso de energía fotovoltaica no convencional.

## VI. CONCLUSIONES

- Se hizo la recopilación de los datos radiación solar en la ciudad de Chiclayo según SENAMHI, adjuntamos información con un equipo de medición llamado solarímetro y las comparamos, llegando a la conclusión de  $5.5 \text{ W-h/m}^2$  siendo factible para recolectar energía por medio de una batería de 150 Ah- 12 voltios y de ciclo profundo para que soporte descargas.
- Se determinó el flujo de calor en cada uno de los elementos que transfieren energía calorífica hacia el medio exterior, teniendo en cuenta el tipo de material, dimensiones, formas, temperaturas internas y externas.
- Se hizo el cálculo y la selección del motor eléctrico que será accionado por dos paneles solares de 340 w, con sus respectivos elementos de control y protección eléctrica.
- Se comparó el consumo de combustible en los 5 vehículos de prueba, al utilizar el sistema de aire acondicionado, estableciéndose un consumo entre el 18 y 25% más de combustible.
- Se hizo el análisis económico del TIR que nos arrojó un 185.79 a cinco años y a un año un 86.77% y con un VAN de 24754.28 nuevos soles, y la relación beneficio costo de 1,86, todos estos indicadores muestran que existe una viabilidad económica para poder realizar el proyecto en sus diferentes unidades vehiculares y poder obtener ganancias adicionales, con el ahorro de combustible y mayor comodidad para los ocupantes y el conductor.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar no solamente el análisis energético en el sistema de aire acondicionado, sino también considerar el estudio de la energía, que determina de manera cuantitativa el valor termodinámico de cualquier recurso, como ejemplo un compuesto de aire y combustible. Esta ley la sustenta la segunda ley de la termodinámica.
- Utilizar baterías eléctricas por separado, para el sistema de encendido del motor y del sistema fotovoltaico.
- Hacer el estudio del uso del equipo de aire acondicionado eléctrico de pedestal 12000 BTU de Electrolux, sería una gran opción para disminuir mucho más los costos, comprarlos de segunda e instalarlos por separado en la unidad sin dañar el diseño.

## REFERENCIAS

- Acedo, M. (2014). *Mantenimiento de Sistemas de climatización*. España: IC EDITORIAL. Recuperado el 25 de OCTUBRE de 2018, de <https://books.google.com.pe/books?id=HvBaAwAAQBAJ&pg=PT23&dq=climatizacion+de+cabinas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj5nOTO2KDeAhVHkywKHR2mDwwQ6AEIPTAE#v=onepage&q=climatizacion%20de%20cabinas&f=false>
- ARIAS PAZ, M. (2006). *Manual de Automóviles*. CIE inversiones y editoriales dossat.
- Arnabat, I. (Julio,2016). *Compresor de Aire Acondicionado*. Calor y Frio.
- Balestrini. (2001). *La muestra y población*.
- Barboza Saldaña, J. G., Gutiérrez Torrez, C., & Jiménez Bernal, J. A. (2015). *Termodinámica para Ingenieros*. México: Grupo Editorial Patria.
- DIAZ. (2014). *CLIMATIZACION EN LAS CABINAS VEHICULARES*.
- el confort, conceptos básicos. (2017).
- ELTIEMPO. (21 de JULIO de 2017). Redacción Vehículos. *Aire Acondicionado Más que un Lujo, 1*.
- Estyle, O. (2012). *Energía Solar Autónoma* (PRIMERA EDICION ed.). Recuperado el 25 de octubre de 2018, de [https://books.google.com.pe/books?id=cNJB5tdbcJ0C&printsec=frontcover&dq=sistema+que+utiliza+energia+fotovoltaico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj135ya\\_6DeAhWGkCwKHYWGBZ4Q6AEIKjAA#v=onepage&q=sistema%20que%20utiliza%20energia%20fotovoltaico&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=cNJB5tdbcJ0C&printsec=frontcover&dq=sistema+que+utiliza+energia+fotovoltaico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj135ya_6DeAhWGkCwKHYWGBZ4Q6AEIKjAA#v=onepage&q=sistema%20que%20utiliza%20energia%20fotovoltaico&f=false)
- Fanger, P. (2019). *Limitaciones del Método*. VALENCIA.
- Fijó, M. F. (2006). *Manual de Refrigeración*. España.
- Galdón, J. A. (2017). Nuevas mejoras en sistemas de concentración fotovoltaica.
- García Badell, J. J. (1983). *Calculo de La Energía Solar*. Madrid: Enografías S.L.
- Graw, M. (1980). *Espectro Termodinámico*. NEW YORK: Termodinámicas.
- híbridos y eléctricos. (2015).

- HVAC&R, R. M. (2016). *El Mercado de AA Automotriz en Crecimiento*. MEXICO: Grupo Editorial Puntual Media.
- Icogen. (2017). *Refrigeración por Ciclo de Absorción*. Barcelona: Icogen.
- INDUSTRIAL, T. (2017). *CLIMATIZACION DE LOCALES*. España.
- INEI. (2016). *Datos del parque automotor en Lambayeque*. LAMBAYEQUE: publicación INEI.
- instituto sindical de trabajo, a. y. (2017). *microclima: Temperatura, humedad y ventilación en el trabajo*. España.
- KIAPICANTO. (2017). *MANUAL DE FABRICANTE*. CHICLAYO.
- Lijó, M. F. (2006). *Manual de Refrigeración*. España: Reverté s.a.
- MEM. (2018). *ALIANZA SOLAR INTERNACIONAL*. CHICLAYO.
- MENDEZ MUÑIZ, J. M., & CUERVO GARCIA, R. (2017). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. MADRID: FUNDACION COFEMETAL.
- meteorología, L. c. (2019). *Humedad del Medio Ambiente*. Costa Rica.
- Miranda, J. B. (2008). *Técnicas de Refrigeración*. Barcelona: Marcombo S.A.
- OSINERMING. (2018). *Demanda de Combustible en Lambayeque*. Lambayeque: SCOP-SPIC.
- PUROMOTORES. (2019). *VALVULA DE EXPANSION*.
- Ramos. (2010).
- REN21. (2018). *REPORTE DE CALEFACCION*. USA.
- SAE. (2018). *ESTUDIO DE AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHICULO LIVIANO*. USA.
- Salud, I. N. (2017). *Microclima: Temperatura, Humedad y Ventilación*. Lima.
- Salud, I. S. (2017). *Microclima: Ventilación Humedad y Temperatura*. España.
- Sampieri, H. (2017). *Población y muestra*.
- SENAMHI. (2019). CHICLAYO.
- SENAMHI. (2019). *Radiación solar*. Chiclayo.

- sociales, M. d. (2017). *Aire Acondicionado*. España.
- SUNARP. (2017). *INFORME DE UNIDADES VEHICULARES INMATRICULADOS*. CHICLAYO.
- TECNICAS, C. N. (2019). *DIFERENCIA DE MOTOR DE AIRE ACONDICIONADO ELECTRICO Y MECANICO*. Buenos Aires: CISE ELECTRONICA.
- Tecnología, M. (2017). *Gases Refrigerantes*.
- Televisión, A. (marzo,2018). *Quieres Ahorrar Gasolina Prende el Aire Acondicionado sin miedo*. Lima: América Televisión.
- (2015). *TERMODINAMICA FACIL PARA INGENIERO*.
- todo mecánica. (2016).
- TRABAJO, M. D. (2017). *Aire Acondicionado*. España.
- Wikipedia. (2019). *Carga Térmica*. estados unidos.
- Wikipedia. (2019). *Unidad de Medida de la vestimenta*.

## ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema que utiliza energía fotovoltaica	El sistema fotovoltaico convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica, almacenándola en unas baterías para su uso posterior, trabaja de forma autónoma para proveer de energía a los equipos eléctricos (Estyle, 2012, pág. 1)	*La implementación de un método se basa en elegir los equipos tales como el compresor, evaporador, condensador, en función a la transferencia de calor, procesos térmicos, mecánica de fluidos, resistencia de materiales, determinando el estado de los fluidos de trabajo (Ramos, 2010, pág. 7)	*Proceso de Refrigeración por compresión  *Cambio de estado Termodinámico	*Flujo Másico *Presión *Radiación solar *Capacidad Frigorífica *Temperatura *Dimensionamiento de cañerías.	GUIA DE OBSERVACIÓN	* Kpa *Kg/s *Watt/m2 *Ton de Refrigeración *Grados Centígrados *Milímetros

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

### GUÍA DE OBSERVACIÓN 1

#### **Consumo del combustible con A/C activado y desactivado.**

Instrucciones: Realice el registro de consumo de combustible, en las diferentes rutas, activado y desactivado el aire acondicionado, estableciendo la diferencia de recorrido en Km

Ruta	Rendimiento de combustible con A/C (km/l)	Rendimiento de combustible sin A/C (km/l)	Diferencia de recorrido (km)
Av. Augusto B. Leguía	4.85	5.65	0.81
Av. Agricultura	3.73	4.58	0.85
Av. Luis Gonzales	5.32	5.93	0.61
Av. Elías Aguirre	3.28	3.82	0.54
Av. Balta	3.96	4.23	0.27
<b>TOTAL, DE RECORRIDO</b>	21.14	24.14	3.08

### Anexo 3. Características de Instrumentos de Medición

#### Instrumentos a utilizar.

#### Solarímetro Digital.

El equipo que se utilizara para medir la radiación solar es:

Marca: Tenmar

Modelo: TM – 206

Serie:

Con este dispositivo se puede obtener los valores de radiación solar en  $W/m^2$ .

Figura 1. Solarímetro digital



**Fuente:** Auditoria propia

## **Termómetro digital.**

El termómetro digital lo utilizaremos para tomar muestras de medidas dentro de la cabina y fuera de ella para medir la temperatura del medio ambiente.

*Figura 4. Termómetro Digital*



Fuente: Auditoria propia

## **Instrumento para medir Humedad.**

El interior de la cabina vehicular cuando activamos el equipo de aire acondicionado de crea un ambiente confortable, absorbiendo las moléculas de calor y aplicando moléculas con más baja temperatura, con este instrumento obtenemos datos para evaluar la comodidad térmica del conductor y sus ocupantes nos resulta de utilidad pues evaluaremos la capacidad que tiene el aire para evaporar la humedad de la piel.

*Figura 5. Equipo para medir Humedad*



Fuente: Direct Industry España, 2019

**El tacómetro** del vehículo podremos medir el recorrido en kilómetros y tener la información del consumo de combustible en litros por kilómetro cuadrado con el equipo de aire acondicionado activado y cuando no está activado.

*Figura 6. Tacómetro y odómetro del vehículo.*



Fuente: Autoría propia