



# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA  
CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN  
CHICLAYO 2016”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

**JHORDY OLIVER BUSTAMANTE ASALDE**

**ASESOR:**

**MAG. ING. LUIS ALBERTO RAMOS MARTINEZ**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GENERACIÓN DE ENERGÍA**

**CHICLAYO- PERÚ**

**2016**

## PÁGINAS PRELIMINARES

### *i. Página del Jurado*

---

*ALUMNO: Oliver Bustamante Asalde*

Presentado a la Escuela Profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica de la universidad César Vallejo – Sede Chiclayo para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

.....

*PRESIDENTE*

.....

*SECRETARIO*

.....

*VOCAL*

## ***ii. Dedicatoria***

El presente trabajo está dedicado a:

En primer lugar a Jehová por permitirme estar con vida hasta el día de hoy.

A mi madre y abuela por su apoyo incondicional desde el momento en que vi la luz por primera vez, por su amor y cuidado, fuerzas e instrucción en cuanto a conocimiento excelente.

A todos los buenos docentes que me orientaron y enseñaron durante mi formación técnica y profesional. También a los compañeros y personas sinceras que alguna vez me apoyaron y dieron fuerza para seguir adelante.

### ***iii. Agradecimiento***

Este trabajo está dedicado a mi familia, ya que me motivaron de alguna manera a emprender esta meta, mi objetivo principal es lograr una mejor calidad de vida para ellos sin miras materialistas ya que tenemos que estar contentos con las cosas que necesitamos para vivir y no detrás de deseos o vanidad.

En especial a mis sobrinos ya que son personas que están creciendo y aprendiendo de esta vida igual que yo. Y quiero que lo hagan absorbiendo las cosas positivas de mi persona en cuanto a desempeño en el campo laboral siendo personas con moral y valores.

***iv. Declaratoria de autenticidad***

Oliver Bustamante Asalde con **DNI N° 47950796**, a efecto con cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, facultad de **ingeniería**, escuela de **Ingeniería mecánica eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 03 de diciembre del 2016

---

Jhordy Oliver Bustamante Asalde

## **v. Presentación**

*Señores miembros del jurado:*

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: “Diseño de un sistema que utiliza energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016”.

La cual se organiza en 5 capítulos determinantes. En el capítulo I, se presenta la realidad problemática, trabajos previos, formulación del problema, hipótesis y objetivos. En el capítulo II se muestra la metodología con el análisis de las dos variables. En el capítulo III se muestran los resultados procesando la información y realizando el cálculo de los componentes del sistema basándose en las leyes de la termodinámica y transferencia de calor. En el capítulo IV se realiza la discusión y finalmente en el capítulo V las conclusiones donde se concluye que dicho sistema es factible y económico de utilizarse.

La misma tesis que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero mecánico electricista.

*J. Oliver Bustamante Asalde*

## vi. Índice

PÁGINAS PRELIMINARES.....	2
<i>i. Página del Jurado.....</i>	2
<i>ii. Dedicatoria.....</i>	3
<i>iii. Agradecimiento.....</i>	4
<i>iv. Declaratoria de autenticidad.....</i>	5
<i>v. Presentación.....</i>	6
vi. Índice.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad Problemática:.....	13
1.2. Trabajos previos:.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema:.....	22
1.4. Formulación del Problema.....	34
1.5. Justificación.....	34
1.6. Hipótesis:.....	35
1.7. Objetivos:.....	36
II. MARCO METODOLOGICO.....	37
2.1. Variables:.....	37
2.2. Operacionalización:.....	38
2.3. Metodología.....	40
2.4. Tipos de estudio.....	40
2.5. Diseño:.....	40
2.6. Población y muestra:.....	40
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: validez y confiabilidad:.....	40
2.8. Métodos de análisis de datos:.....	41
2.9. Aspectos éticos:.....	42
III. RESULTADOS.....	43
Costos por Mantenimiento.....	94
V. CONCLUSIONES.....	105

VI. RECOMENDACIONES .....	106
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107
ANEXOS .....	109

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tipo aplicada denominado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016”**, es una propuesta innovadora que busca el uso de la energía solar, para generar un clima adecuado para el operador de las máquinas excavadoras; logrando y fomentando el uso de las energías renovables no convencionales, con lo que se logra no utilizar energía del petróleo.

Actualmente, las máquinas excavadoras en la ciudad de Chiclayo (población), cuentan con sistemas de aire acondicionado, utilizando el sistema convencional del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, para lo cual el compresor del sistema, recibe energía mecánica del motor de la unidad, que incrementa en un 20% en consumo de combustible, siendo inevitable su uso, debido a que las condiciones ambientales dentro de la cabina de la excavadora así lo exige.

En este proyecto se plantea a una excavadora CATERPILLAR 329D (muestra) el uso del ciclo de refrigeración por absorción, que utiliza como fluido de trabajo al amoníaco y al agua, que reciben calor de la energía solar, y de esa manera logra el efecto frigorífico dentro de la cabina, teniendo en cuenta que el potencial de radiación solar en la ciudad de Chiclayo está dentro de un rango en donde se optimiza su uso.

En el capítulo I, se presenta la realidad problemática en lo que respecta al consumo de combustible de las excavadoras, luego en los trabajos previos, se revisaron trabajos relacionados a los ciclos de refrigeración existente; luego se hizo la formulación del problema, que es planteamiento mediante una pregunta, y que la hipótesis afirma la solución, busca la solución al problema existente; se plantearon los objetivos específicos que son 4, los cuales permitirán realizar el diseño completo del sistema de aire acondicionado en las cabinas de las excavadoras.

En el capítulo II, se muestra la metodología, con el análisis de las dos variables, que son el sistema que utiliza energía solar y la climatización de la cabina de la

excavadora. En el capítulo III, se procesa la información del potencial de radiación solar en la ciudad de Chiclayo obtenida mediante una guía de observación de niveles de radiación solar (instrumento #1), luego se realiza la encuesta para determinar las condiciones de confort de los operadores (instrumento #2) y se plantea el sistema realizando los cálculos justificativos de acuerdo a las leyes de la termodinámica y transferencia de calor. En el capítulo IV, se muestra la discusión del tema, y en el capítulo V las conclusiones en el cual se concluye que dicho sistema es factible y económico de utilizarse.

Palabras Claves: Absorción, Climatización, Radiación Solar.

## **ABSTRACT**

The present applied research type called: "DESIGN OF A SYSTEM THAT USES SOLAR ENERGY TO CLIMATIZATE THE CABIN OF AN EXCAVATOR, IN CHICLAYO 2016", is an innovative proposal that seeks the use of solar energy, to generate a climate suitable for The operator of excavating machines; Achieving and promoting the use of non-conventional renewable energies, which is achieved not using petroleum energy.

At present, excavating machines in the city of Chiclayo (population), have air conditioning systems, using the conventional system of the refrigeration cycle by compression of steam, for which the compressor of the system, receives mechanical energy from the motor of the unit , Which increases by 20% in fuel consumption, being unavoidable its use, due to the environmental conditions inside the cabin of the excavator so requires.

In this project, a CATERPILLAR 329D excavator (sample) is proposed to use the absorption refrigeration cycle, which uses ammonia and water as the working fluid, which receives heat from solar energy, and thus achieves the refrigerating effect Inside the cabin, taking into account that the potential of solar radiation in the city of Chiclayo is within a range where its use is optimized.

In chapter I, the problematic reality regarding the fuel consumption of the excavators is presented, then in the previous works, work related to the existing refrigeration cycles was reviewed; Then the formulation of the problem was formulated, which is a question, and the hypothesis affirms the solution, seeks the solution to the existing problem; The specific objectives were 4, which will allow the complete design of the air conditioning system in the booths of the excavators.

In Chapter II, the methodology is shown, with the analysis of the two variables, which are the system that uses solar energy and the air conditioning of the excavator's cabin. In Chapter III, information on the potential of solar radiation in the city of Chiclayo obtained by means of an observation guide for solar radiation levels (instrument # 1) is processed, then the survey is carried out to determine the comfort conditions of the operators (Instrument # 2) and the system is presented in

accordance with the laws of thermodynamics and heat transfer. In chapter IV, the discussion of the subject is shown, and in chapter V the conclusions in which it is concluded that said system is feasible and economic to be used.

Key Words: Absorption, Air Conditioning, Solar Radiation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática:**

#### **MUNDIAL**

“En Europa, han asumido un reto, disminuir para el año 2020, el consumo per cápita de energía en un 20%, y en un 10% de consumo energético en transporte para que de esa manera el desarrollo industrial sea sostenible” (Ballesteros, 2011, p. 4).

El ingreso de nuevos combustibles al mercado, tiene que hacerse cuando existan condiciones de competitividad, en los motores de combustión interna. El ingreso de combustibles alternativos al mercado, tienen que sostenerse técnicamente, económicamente y ambientalmente; así mismo debe tenerse en cuenta el tema de seguridad. El sector transporte, es el que es más sensitivo a éstos cambios, debido a que los costos de operación influyen en el servicio que presta, y su impacto con el medio ambiente será mayor si no son evaluados correctamente. Cualquier solución a largo plazo tendrá que hacer posible la reducción, como mínimo, tanto de la dependencia del petróleo como de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ballesteros, 2011, p. 4).

En Europa, especialmente en España, que es un país con mucho potencial y consumo de energía, con más de 100 000 MW de potencia eléctrica, con fuerte presencia de productos derivados del petróleo, que en gran porcentaje son importados desde el exterior, con poco aporte de la producción interna, está ocasionando una gran dependencia energética del petróleo. Sin embargo ésta situación a partir del año 2005, se registra un ingreso de las energías renovables, siendo la energía eólica el de mayor potencia, llegando a generar por encima de los 5000 MW de potencia, y con ello éste tipo de energía no convencional ha contribuido a la reducción de la emisión de toneladas de dióxido de carbono al medio ambiente (Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España 2011 – 2020, 2011, p. 12).

Actualmente, la energía, se ha convertido en una necesidad en la vida de las personas, incrementando índice de desarrollo humano (IDH), con mayor

confort, con registros mayores de consumo per cápita de energía. Mientras la vida del hombre sea más agradable con mayor estilo de vida, en una sociedad donde todas las actividades están en función al consumo de energía, ya sea primaria o secundaria. Según estudios de las Naciones Unidas, tener mejor calidad de vida, el desarrollo socioeconómico, involucra mayor consumo de energía por persona (KW-H/Persona), siendo un indicador que mide que tan desarrollada la sociedad (Pasquevich, 2011, p. 4).

## **NACIONAL**

“El comercio de combustibles en el Perú, lo constituyen 18 productos derivados, siendo los principales el biodiesel, la gasolina (a diferentes octanajes), el petróleo industrial, el kerosene, turbo y GLP” (Ramos, 2010, p. 4).

A nivel Nacional, las refinerías ubicadas en la ciudad de Lima y en el Norte del Perú, no abastecen la demanda de combustibles del Perú, lo que obliga a que se importe grandes cantidades de petróleo. Las refinerías en el Perú, están en proceso de mejora, con nuevas tecnologías, por lo tanto aún no logran procesar los derivados del petróleo con la calidad para el uso en el sector automotriz, por lo tanto vía marítima se importa combustible de otros países. Los combustibles de mayor consumo son el biodiesel, siendo el principal producto demandado el Diésel B5, un combustible constituido por una mezcla de Diésel N°2 y 5% en volumen de Biodiesel B100 (Ríos, 2011, p. 3).

En el informe de septiembre de 2011 sobre la Demanda Nacional de Combustibles de la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos se indica que el consumo de combustibles líquidos alcanzó los 152440 barriles diarios. El 48% corresponde al Diésel B5 mientras que un 14% al Diésel B5 S50, un combustible constituido por una mezcla de Diésel B2 S50 y un 5% en volumen de Biodiesel B100 con muy bajo contenido de azufre y uso obligatorio en el sector automotriz de la Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao (Ríos, 2011, p. 3).

## LOCAL

Existen los aires acondicionados que son accionados por la energía del motor de la excavadora, mediante un ciclo de compresión de vapor, sin embargo su funcionamiento eleva el consumo específico de combustible entre un 15 a 20% (Manual de Fabricante Komatsu, 2014, p. 16).

El calor que se registra en el interior de la cabina y que es percibido por el conductor de la excavadora, es relativamente alto, de acuerdo a los climas. En Chiclayo, cuyas temperaturas oscilan entre valores de 18 a 24 grados en la época de invierno y de 26 a 33 grados centígrados en la época de verano, el ambiente dentro de la cabina de las excavadoras, sino tienen aires acondicionados, resulta siendo incómodo para los conductores (SENAMHI, 2016, p. 5).

Así mismo se observa que los operarios al trabajar en las excavadoras que no tienen aire acondicionado, manifiestan que se sienten incómodos por la alta sensación térmica, originando que tienen que hacer paradas cada cierto tiempo para revertir el grado de incomodidad que tienen; se ha observado que el número de paradas por éste motivo son entre 4 a 5 veces por cada jornada de 8 horas, con un tiempo de duración de cada parada de aproximadamente 10 minutos, por lo tanto, por cada excavadora, se tiene un tiempo de paradas entre 40 a 50 minutos por cada 8 horas, ésta situación ocasiona disminución del rendimiento hora/máquina.

## 1.2. Trabajos previos:

A continuación mostrare algunos proyectos e investigaciones que se han realizado a cerca de la utilización de energía solar, para accionar sistemas de aires acondicionados y sistemas de refrigeración:

**LÓPEZ (2011, p. 10), en su tesis “Instrumentación y puesta a punto de un sistema de refrigeración solar por absorción intermitente”, Universidad Veracruzana, México”**

Este trabajo de investigación, trazo los siguientes objetivos:

- Selección de los diferentes elementos del sistema de refrigeración por absorción, así como también la selección de los dispositivos de medición.
- Realizar la instrumentación del sistema de refrigeración.
- Realizar la fabricación de una tarjeta de adquisición de datos.
- Hacer las pruebas de presión neumática a las tuberías.
- Realizar la verificación para el normal funcionamiento del sistema y de los elementos de medición.

Resumen:

Utiliza un sistema de absorción, denominado intermitente, siendo de construcción sencilla en cuanto a su instalación y construcción, debido a que el número de componentes es menor, con respecto a los sistemas de absorción continua. Éste sistema no posee partes móviles y su funcionamiento y accionamiento se realiza con la conmutación de válvulas, el proceso empieza en la generación, luego la absorción, estos sistemas no requieren el uso de energía eléctrica convencional, tampoco energía mecánica, siendo esta su principal ventaja sobre los sistemas continuos lo que los hace una alternativa factible en lugares donde se carece de suministro de energía eléctrica.

Las conclusiones de la presente investigación son:

- Se hizo un nuevo diseño para el tubo receptor (generador-absorbedor), con soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), el cual tiene mayor sellado.
- Se modificó las dimensiones del tanque de almacenamiento; se sustituyó por otro tanque con capacidad de un 15% mayor de capacidad y se instaló instrumentos con válvulas de nivel y tubo de vidrio para nivel.
- Se instaló el sistema con instrumentos de medición: manómetros, un termopar J, Resistencias variables por temperatura y transductores.
- Los dispositivos pasaron por una prueba neumática, así como también las tuberías, y se verificó que no hay fugas en el sistema.
- Con la tarjeta de Datos Agilent 34970 A, se monitoreó las variables, y se almacenó dichos datos.

La significancia de la presente investigación, es que se tiene información de los procesos de refrigeración, obteniendo datos reales de funcionamiento y la verificación de las presiones en todos los puntos del sistema de refrigeración por absorción.

**RAMOS (2010, p. 10), en su tesis “Diseño de un Refrigerador Solar por Adsorción para clima Húmedo Cálido” Tesis de Maestría del Instituto Politécnico Nacional, en Querétaro, México.**

Menciona que la Energía solar tiene un enorme potencial, aún poco explotado, para energizar tantos ciclos de calentamiento como refrigeración, en dicho trabajo realiza el dimensionamiento de un sistema de refrigeración por adsorción para un volumen de 1 litro para el clima cálido húmedo. Para éste propósito se estudiaron tres fluidos de trabajo. Agua Etanol y Metanol, y un cinco materiales adsorbentes de bajo costo. Los materiales elegidos son de fácil adquisición en los mercados locales. Se observó que todos los materiales adsorben los fluidos antes mencionados a una temperatura de 140°C, sin sufrir alteraciones visibles.

Las conclusiones que la tesis en estudio fueron:

- Se evaluaron cuatro materiales como absorbentes; silica 13X, Zeolita 25, Zeolita G, y Cloruro de Calcio, y tres fluidos de trabajo: Agua, Etanol y Metanol, los cuales constituyen 12 posibles combinaciones en pares.
- Se determinó que la temperatura a la cual absorben los materiales es de 140 grados centígrados, sin alterar el funcionamiento regular.
- Los límites de absorción de los fluidos, en el caso de la zeolita se absorbe entre 23 a 27% mientras que la sílicas lo hacen entre 11 y 13 por ciento. Para el caso del metanol se absorben a temperaturas entre 23 y 25%, y para el cloruro de sodio alrededor del 67%.

La significancia de este trabajo de investigación radica en que experimentalmente se conoce los valores de los estados termodinámicos en los diferentes elementos del sistema de refrigeración, por lo cual se tomará como referencia, para el diseño usando agua y amoniaco.

**MARCOS DEL CANO (2008, p. 2), en su tesis “Prototipo de máquina frigorífica de absorción de LiBr/H<sub>2</sub>O de doble efecto condensada por aire”, Universidad de CARLOS III DE MADRID, España.**

La tesis persigue dos objetivos:

- Determinar las características de funcionamiento de las máquinas que utilizan el sistema de refrigeración por absorción, utilizando bromuro de litio y agua, en dos posibles formas de condensación, por aire y por agua, identificando cada uno de los estados termodinámicos.
- Aplicar los conocimientos que se han obtenidos en la simulaciones teóricas, construyendo dos prototipos, para determinar la eficiencia y la competitividad de éstos sistemas con los convencionales.

El progresivo crecimiento del consumo energético en España en los últimos años, asociado al crecimiento económico del país, ha despertado las señales de alarma

ante la imposibilidad, no muy lejana, de seguir abasteciendo la demanda energética. España se encuentra con la necesidad de replantearse el actual patrón de consumo de energía ya que, de no ser así, se prevé muy complicado el atender los niveles de demanda que se alcancen dentro de 40 años.

La actual coyuntura energética se sitúa ante dos importantes retos:

- ✓ Por un lado, cubrir el incremento progresivo en la demanda energética.
- ✓ Y por otro, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta los límites fijados para España dentro del compromiso con el protocolo de Kioto.

En España, debido a la carencia de significativos yacimientos de petróleo se deberán buscar alternativas energéticas sostenibles que, al mismo tiempo, reduzcan la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Sirva de ejemplo el exigente plan de ahorro de energía que implantara Francia bajo el lema “No tenemos petróleo, pero tenemos ideas”, mediante el cual se sustituyeron las centrales térmicas por centrales nucleares e incrementaron la presión fiscal sobre el gasóleo. Si bien no exento de polémica por la apuesta tan decidida por la energía nuclear de fisión y los problemas que sus residuos acarrearán.

Como conclusión del trabajo de investigación se puede mencionar que el sistema de refrigeración por absorción, funciona en lugares donde la temperatura es inclusive superior a los 40 grados centígrados. Para una temperatura de 41,5 grados centígrados, la temperatura que se alcanza en la absorción fue de 51,5 grados centígrados, éste dispositivo hace que el absorbedor sea enfriado directamente con el aire, para lo cual utiliza un intercambiador de calor, sin la necesidad de utilizar fluidos intermedios.

La significancia del presente trabajo de investigación es que se logra utilizar el sistema de refrigeración por absorción en lugares donde la temperatura es superior a los 40 grados centígrados, que es la temperatura que las excavadoras, pueden tener en algunas zonas del departamento, específicamente en la temporada de

verano, donde la sensación térmica en algunas localidades de la región Lambayeque están por encima de los 35 grados centígrados.

**Villanueva (2009, p. 31), en su tesis: “Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un Vehículo Eléctrico para la Carga de Batería”, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.**

Una vez terminado todo el proceso, y hechas las pruebas pertinentes comprobando su buen funcionamiento, se podrá observar como el rendimiento es un poco menor del esperado. Esto se podrá explicar por varios motivos aunque el principal será el montaje realizado. En las características técnicas, una placa solar de las que se han utilizado dice que proporciona 2,26w, pero en condiciones óptimas, cosa que es muy complicado conseguirlo constantemente.

Esta bajada de rendimiento vendría entonces por los materiales conductores utilizados (que siempre tienen una pequeña pérdida), por la colocación del policarbonato (la pérdida es pequeña pero existente), por el deterioro de alguna de las placas (puesto que se utilizaron unas que ya estaban más o menos montadas), por la exposición a altas temperaturas con el caudín utilizado al soldar los conductores a las placas (era de mala calidad, lo cual no permitía que las cintas se adhirieran fácilmente a las celdas) y, por último, principalmente por la ventilación, es muy difícil realizar un sistema que sea efectivo al 100% para evacuar el calor generado.

Otro aspecto que influirá notablemente será el nivel de irradiación que haya en cada momento. Dicho esto la meta que se buscaba estará bien concluida, porque mediante la energía solar (energía limpia y no contaminante) se tendrá una carga continua de la batería (con la ayuda del MPPT). Proporcionará la potencia necesaria para que luces, intermitentes, etc. funcionen correctamente. Con ello se habrá resuelto un tema que en un futuro puede ser importante, puesto que hoy en día es necesario empezar a utilizar este tipo de energías en todos los procesos posibles.

**Huarapil (2012, p. 6), en su tesis: Optimización de un sistema fotovoltaico de un vehículo con tracción eléctrica, Universidad de Chile.**

En búsqueda de aplicaciones vehiculares más eficientes que además estén en la línea de incorporar energías limpias y renovables, la Universidad de Chile ha sido pionera a nivel nacional con dos ediciones de Eolian, proyecto basado en el desarrollo de autos eléctricos usando energía solar fotovoltaica como principal fuente energética.

En este contexto, el objetivo de esta memoria de título es contribuir a optimizar el desempeño solar-eléctrico del vehículo Eolian conociendo el rendimiento de las celdas fotovoltaicas seleccionadas, estudiando el efecto de la disposición de los arreglos de celdas, optimizando la operación en paralelo de múltiples adaptadores de impedancia y manejando las situaciones de sombreado. Dentro de la revisión bibliográfica destaca la forma constructiva de las celdas solares, los modelos usados para los análisis y la incorporación del estándar IEC 60904 para mediciones en celdas fotovoltaicas. El material recopilado es una guía para la tarea de medición y ayuda a precisar el enfoque de las propuestas, pero también es un punto de partida para fijar conceptos necesarios en cualquier labor sobre energía fotovoltaica.

Por otro lado, el uso del estándar permite validar la metodología de trabajo y los resultados posteriores frente a la comunidad, como asimismo la comparación con otros estudios que se relacionan con esta tecnología. En una primera etapa se desarrolla la evaluación detallada de un módulo encapsulado compuesto por 16 celdas C-60 Sunpower y la obtención de su curva V-I y eficiencia. Se continúa con la recopilación de datos para una disposición de 6 módulos usando cargas resistivas y adaptadores de impedancia, en un diseño experimental propuesto en el marco del proyecto.

En primer lugar, el efecto de conectar celdas de distintas curvas características disminuye la eficiencia conjunta porque cada una de ellas no proporciona la potencia máxima posible, siendo aún peor cuando la calidad del encapsulado se ve

reducida por efecto de manchas sobre él. A esto se suma los efectos que genera la influencia de sombra sobre el panel. A partir de estos resultados se logra diagnosticar el fenómeno de avalancha en el semiconductor gracias a la mejora del modelo convencional utilizado. Con esto se cuantifica el efecto de la sombra y de cómo ésta modifica el punto de máxima potencia. En segundo lugar, se demuestra que los diodos de bypass no operan cuando la sombra corresponde al área de una sola celda, perdiendo un 18 [%] de la potencia máxima en las pruebas realizadas. Se propone la instalación de un actuador, que permita la anulación del módulo sombreado vía interruptores. Por último, se verifica que no hay interferencia entre los adaptadores de impedancia cuando operan en paralelo.

La principal deficiencia es que operan en una zona estrecha de la curva V-I, alejándose de los puntos de máxima potencia durante las horas de menor radiación; y el efecto Doorsill producido por el aumento gradual de la sombra sobre el panel, no ubicándose en el máximo global posible.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema:**

#### **Energía solar.**

#### **Definiciones.**

“La energía solar es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas” (Salvador, s.f., p. 84).

“La energía solar, es la energía electromagnética (del sol) emitida, transferida o recibida” (RISOL, 1999, p. 23).

La forma de energía que posee el sol es energía nuclear interna, que se transforma mediante procesos de fusión, en esta transformación emite sin cesar energía radiante o radiación. El aprovechamiento de la radiación solar mediante su conversión directa en energía, requiere una tecnología relativamente simple, como es el proceso de fotosíntesis (RISOL, 1999, p. 23).

## **Colector Solar Concentrador.**

“En aplicaciones térmicas de energía solar, cuando se requiere trabajar con temperaturas medias mayores a 100°C, se recurre al concepto de concentración de la radiación solar. Para ello, se utilizan colectores concentradores cada vez más eficientes y versátiles” (López, 2009, p. 4).

Los colectores concentradores consisten en incrementar la radiación solar interponiendo un sistema óptico entre la fuente y el absorbedor a fin de aumentar la relación de concentración. Esto posibilita la obtención de temperaturas entre 100 y 3000°C dependiendo de los sistemas ópticos utilizados. Los principales problemas de los concentradores son; deben orientarse permanentemente al sol puesto que solo operan con la fracción de energía de radiación directa y no con la difusa, el sistema óptico de recepción deberá ser de muy buena calidad y deberá perdurar en el tiempo, y los materiales involucrados en el sistema absorbedor deberán soportar altas temperaturas. (Esquivel, 2006, p. 2).

## **La Refrigeración en Ciclo de Absorción**

“Los ciclos de absorción se basan en la capacidad que tienen algunas sustancias para absorber, en fase líquida, vapores de otras sustancias” (Ramos, 2010, p. 23).

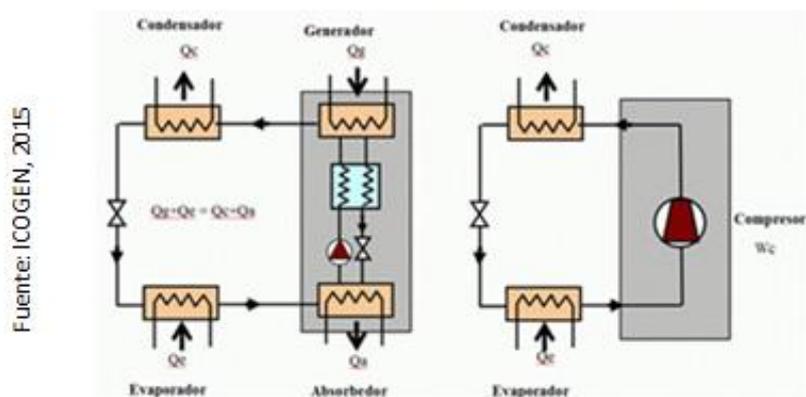
Sistema de dos componentes, donde una de las sustancias es disuelta en la otra y el enfriamiento se produce extrayendo una de las dos sustancias de la solución por medio de la aplicación de calor y luego reabsorbiéndola hacia la solución. Los sistemas de refrigeración por absorción presentan la ventaja, respecto a los de convencionales de compresión, de requerir una demanda eléctrica casi despreciable, sustituyendo ésta por demanda térmica. Una planta de este tipo está formada principalmente por intercambiadores de calor. El único componente con partes móviles es la bomba de la solución. Por ello estas plantas prácticamente no tienen desgaste, siendo de alta fiabilidad y reducidos gastos de mantenimiento. (Fernández, 2013, p. 18).

El principal atractivo de estos equipos es su capacidad para aprovechar el calor residual en procesos industriales o en plantas de cogeneración, utilizando el

calor de los gases de escape de los motores o de las turbinas, con diferentes formas para el aprovechamiento de dicha energía. (Gonzales, 2014, p. 23).

“El ciclo termodinámico de absorción, llamado de Carré, es similar a un ciclo inverso de Rankine, con la diferencia de sustituir el compresor eléctrico por un compresor térmico. Para hacer más fácil la compresión del ciclo de simple efecto se presenta, en el siguiente esquema, la similitud entre ambos” (López, 2011, p. 45).

Figura 1.



Ciclo de Refrigeración por Absorción Amoniac – Agua

El proceso de absorción se lleva a cabo en el absorbedor, en el que entra el elemento refrigerante procedente del evaporador y la solución de transporte concentrada procedente del generador, necesitando enfriar para mejorar el proceso. La solución diluida se bombea hasta el generador, donde se aporta calor para volver a separar el refrigerante de la solución. A continuación, el refrigerante se dirige al condensador para continuar el ciclo de Rankine convencional. La solución de transporte, antes de ir concentrada al absorbedor, se hace pasar por un regenerador, al que aporta calor que se aprovecha para calentar la solución diluida procedente de la bomba y con destino al generador, con el consiguiente aprovechamiento energético y mejora del COP (López, 2011, p. 45).

El trabajo mecánico consumido por el ciclo se limita al accionamiento eléctrico de la bomba, que es exiguu en comparación con el consumido por un

compresor en el ciclo convencional. La principal energía consumida es el calor que se debe aportar en el generador para separar al refrigerante de la solución. Los dos pares de refrigerantes más usados son la combinación de agua-bromuro de litio (BrLi), para obtener refrigeración a temperatura de hasta +6°C, y el amoníaco-agua que es capaz de obtener temperaturas negativas por debajo del punto de congelación del agua, hasta de -60°C. El fluido citado en primer lugar representa el refrigerante, mientras que el otro hace de absorbente (López, 2011, p. 47).

### **La Refrigeración con Amoníaco**

“El amoníaco es un compuesto químico cuya molécula consiste en un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H), siendo su fórmula NH<sub>3</sub> y su nomenclatura R-71” (Marcos del Cano, 2008, p. 35).

“El 80% aproximadamente del amoníaco que se produce en las plantas químicas, se utiliza como abono inyectado directamente en la tierra y compuestos fertilizantes. El 20% restante se fabrica para uso textil, plástico, explosivo, refrigerante y otros productos” (Marcos del Cano, 2008, p. 35).

El amoníaco se lleva utilizando como refrigerante en instalaciones frigoríficas industriales desde principios del siglo XX. Este refrigerante tiene muy buenos rendimientos energéticos y además no es dañino para la capa de ozono, ya que su composición se mantiene muy poco tiempo en la atmósfera, por lo que lo podríamos catalogar como un gas biodegradable. Asimismo, el coste del amoníaco es muy inferior a cualquiera de los gases sintéticos que hay en el mercado (Marcos del Cano, 2008, p. 35).

A diferencia de los sistemas de refrigeración convencionales que funcionan con gases fluorados o clorados, en las instalaciones frigoríficas de amoníaco (NH<sub>3</sub>), el refrigerante se evapora en el depósito de baja presión y se bombea

en estado líquido hacia los recintos o sistemas a enfriar o congelar. Por otra parte, este refrigerante tiene un gran inconveniente, es tóxico y peligroso para el ser humano. Pero su fuerte olor es una excelente alarma. (Marcos del Cano, 2008, p. 36).

Las instalaciones frigoríficas de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) deben ser seguras. Para cumplir este requisito, incorporarán materiales robustos y sistemas de seguridad en las principales zonas del sistema frigorífico. Como por ejemplo; válvulas de seguridad en los recipientes y tuberías, detectores de amoníaco en sala de máquinas y recintos cerrados, válvulas de sobrepresión en bombas, etc. Estas instalaciones solo podrán ser manipuladas por personal cualificado y homologado por el Ministerio de Industria. Asimismo, en las labores de mantenimiento se adoptarán unas estrictas medidas de seguridad para evitar accidentes, como por ejemplo; la utilización de máscara con filtro, equipo autónomo, guantes, gafas, cascos, etc. (Marcos del Cano, 2008, p. 39).

## **Refrigerantes**

Con la entrada del protocolo de Montreal en los años 80, se prohíben los refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclofluorocarbonos (HCFC) ya que su composición agotaba la capa de ozono. Para sustituir a estos refrigerantes se empiezan a utilizar los actuales gases hidrofurocarbonos (HFCs) o fluorados. A finales de los años 90 con el problema que se presenta sobre el calentamiento global y el cambio climático, entra en vigor el protocolo de KIOTO, principalmente para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los gases fluorados se encontraban entre los principales causantes del calentamiento global (López, 2011, p. 53).

## Balance energético del sistema de refrigeración por absorción.

Figura 2.

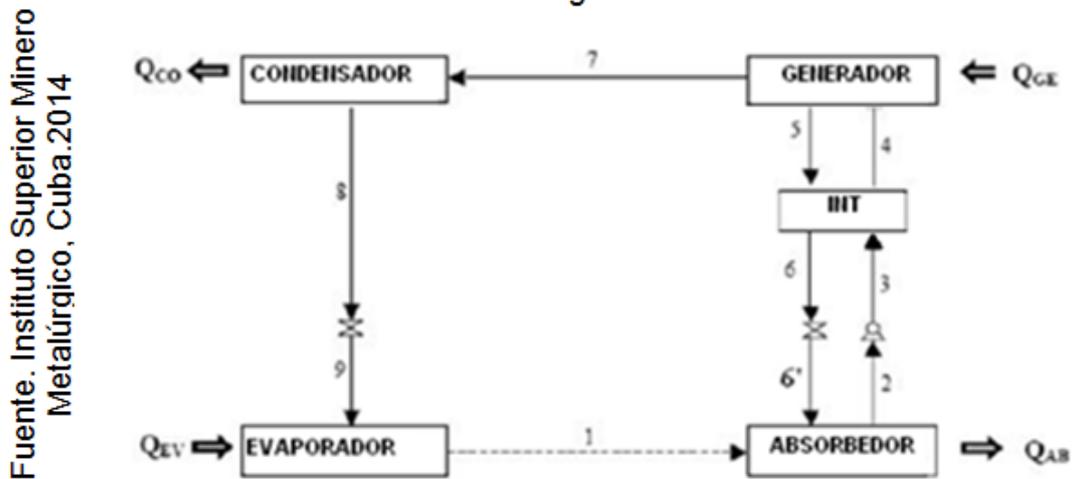


Diagrama Esquemático del ciclo de absorción de amoníaco – agua

“A través del balance energético al sistema se considera que la suma de los calores absorbidos en el generador y el evaporador debe ser igual a la suma de los calores cedidos en el condensador y absorbedor más la potencia consumida por la bomba” (Gonzales, 2014, p. 68).

El balance de energía, se realiza según se muestra en la ecuación siguiente:

El balance de masa y energía para el generador, se establece mediante la ecuación:

$$Q_{EV} + Q_{GE} - Q_{CO} - Q_{AB} - N_B = 0$$

Donde:

$Q_{EV}$ : Calos absorbido en la evaporación en Watt.

$Q_{GE}$ : Calor suministrado al sistema en el generador, en watt.

$Q_{CO}$ : Calor cedido al condensador, en watt.

$Q_{AB}$ : Calor cedido al absorbedor en watt.

$N_B$ : Potencia de la bomba en watt.

$$m_7 \cdot h_7 + m_5 \cdot h_5 = m_4 \cdot h_4 + Q_{GE}$$

Donde:

m7: Flujo másico de refrigerante hacia el condensador, Kg/s.

h7: Entalpía del refrigerante a la entrada del condensador, KJ/Kg.

m5: Flujo Másico de solución concentrada hacia el absorbedor, kg/s.

h5: Entalpía de la solución débil a la salida del generador KJ/Kg.

m4: Flujo másico de la solución fuerte a la entrada del generador Kg/s.

h4: Entalpía de la solución fuerte a la entrada del generador KJ/Kg

Para determinar el calor necesario en cada uno de los elementos que componen el ciclo de refrigeración por absorción (intercambiadores de calor), se realizan balances de masa y energía a los mismos, según las ecuaciones:

Calor absorbido en el evaporador:  $Q_{EV} + m_9 \cdot h_9 = m_1 \cdot h_1$

Calor absorbido en el absorbedor:  $m_1 \cdot h_1 + m_6 \cdot h_6 = m_2 \cdot h_2 + Q_{AB}$

Calor rechazado en el generador:  $m_4 \cdot h_4 + Q_{AB} = m_7 \cdot h_7 + m_5 \cdot h_5$ .

Calor rechazado en el condensador:  $m_7 \cdot h_7 = m_8 \cdot h_8 + Q_{CO}$

Los sistemas de refrigeración afectan directa e indirectamente al calentamiento global. Directamente con las fugas producidas de gases refrigerantes sintéticos e indirectamente por la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> como resultado de la energía consumida para el funcionamiento de las instalaciones. Desde el punto de vista global, *la tendencia que se observa en el sector es que se está orientando cada vez más hacia el uso del refrigerante amoníaco (NH<sub>3</sub>)*. Los refrigerantes sintéticos aún seguirán desempeñando un papel importante en el sector de la refrigeración y el aire acondicionado, pero siempre en sistemas con cargas pequeñas y utilizando nuevas sustancias que poseen un potencial de calentamiento global (PCG) bajo (Gonzales, 2014, p. 68).

### **Climatización de Cabinas de Unidades Vehiculares.**

“Alcanzar un alto nivel de confort en aquellos espacios donde pasamos la mayor parte de nuestros días es esencial. Y en verano, la buena climatización es primordial para tener una mejor calidad de vida” (Díaz, 2014, p. 4).

“La temperatura, la humedad y la ventilación, son los factores interactúan entre sí; por ejemplo, si hay mucha humedad parece que haga más calor de lo que indica la temperatura real, o si hay movimiento del aire, la temperatura parece menor” (ISTAS, 2013, p. 1).

Renault Trucks ha trabajado en la limitación de las necesidades del vehículo. Para ello, ha concedido un cuidado muy especial al aislamiento de la cabina. Las partes con cristales utilizan un vidrio especial, más aislante. En la parte alta hay un deflector de techo amovible. Cuando el vehículo está en parada, el deflector se despliega: protege así la cabina del sol y el aire caliente de la cabina es evacuado por un extractor de aire alimentado por un panel solar independiente. Cuando el vehículo arranca, el deflector se repliega para favorecer el aerodinamismo (Híbridos y eléctricos, 2015, p. 4).

Además, para refrescar la cabina, Renault Trucks ha instalado una climatización alimentada sólo por la energía producida por los paneles solares. Por consiguiente, el sistema produce frío incluso cuando el vehículo está en parada y que el motor no funciona (Híbridos y eléctricos, 2015, p. 5).

Figura 3



Fuente: Híbridos y eléctricos, 2015, p. 5

Climatización de cabina de conductor

### **Confort en Unidades Vehiculares.**

“El confort es un aspecto muy cuidado, y su evolución está sujeta a una serie de factores, un excesivo confort aísla demasiado al conductor de su entorno, lo que puede provocar una falta de recepción de informaciones importantes” (El confort, elementos y conceptos básicos, 2015, p. 1).

Los sistemas que más influyen en el confort de la marcha son:

- Amplitud del habitáculo.
- Confort acústico.
- Climatización idónea.
- Cuadros de instrumentos más visibles.
- Elevalunas con sistema antriatrapamiento.

**Guía de Control para un clima agradable (ISTAS, 2013, p. 2).**

<b>Ventilación y humedad</b>
¿Están suficientemente ventilados los locales de trabajo?
¿Existe ventilación forzada o localizada para la extracción de calor o contaminantes ambientales?
¿Se revisan periódicamente estos sistemas?
¿Se controlan los niveles de humedad?
¿Se producen corrientes de aire molestas?
<b>Frío</b>
¿Existen tiempos de estancia limitada en puestos de trabajo con bajas temperaturas?
¿Facilita la empresa ropa y elementos de protección suficientes y adecuados?
¿Existen lugares de descanso aclimatados?
¿Se realiza una vigilancia de la salud específica?
¿Los trabajadores presentan a menudo efectos relacionados con la exposición a bajas temperaturas?
<b>Calor</b>
¿Son las temperaturas de los locales adecuadas al tipo de trabajo?
¿Puedes identificar y describir las fuentes de calor principales?
¿Existen puestos de trabajo con temperaturas muy elevadas?
¿Se crean en verano condiciones de calor que producen malestar, sudo-ración excesiva, cansancio, etc.?

¿Se han tomado mediciones?
¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico u organizativo para reducir la exposición al calor?
¿Se realiza una vigilancia médica específica a los trabajadores/as expuestos a riesgo de estrés térmico?
Si se manejan sustancias tóxicas en tu centro de trabajo, ¿el calor puede influir de alguna manera con estas sustancias?

## Confort térmico

Los sistemas de climatización permiten mantener una temperatura constante dentro del vehículo. Los sistemas de climatización combinan la calefacción, la temperatura exterior y el aire acondicionado de forma automática con el fin de mantener temperatura constante. Los sistemas de climatización más avanzado permiten la regulación de la temperatura por zonas (conductor y acompañante) (Todomecánica, 2014, p. 1).

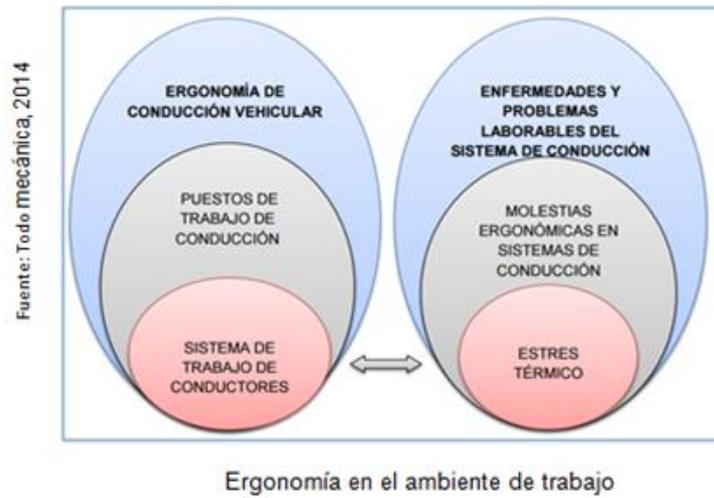
Figura 4



Fuente: Excavadora Caterpillar 329D

Cabina de excavadora

FIGURA 5

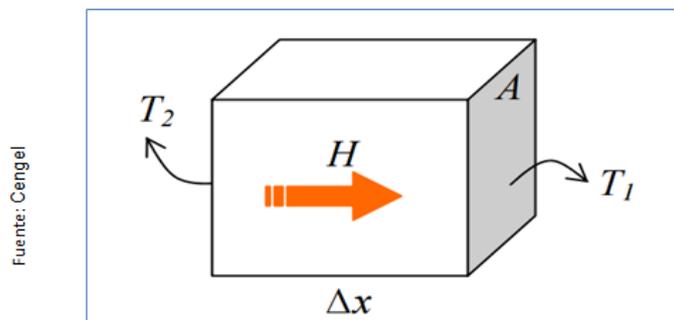


### Transmisión de Calor en las Cabinas.

La transferencia de calor dentro de la cabina de las excavadoras, se produce por las tres formas, es decir por la conducción, convección y la radiación.

**Conducción de calor:** La conducción de calor sólo ocurre si hay diferencias de temperatura entre dos partes del medio conductor.

Figura 6

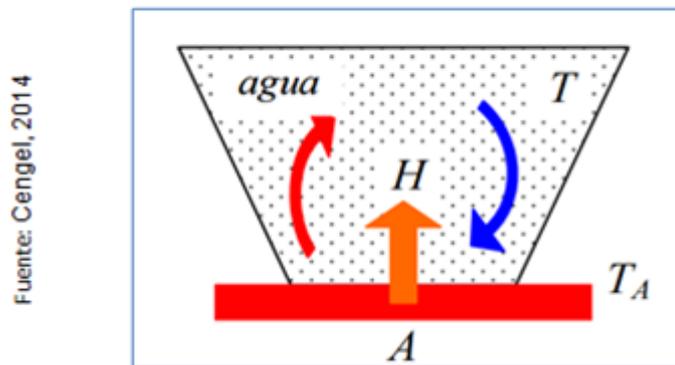


Transferencia de calor por conducción.

**Convección de Calor.** La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia.

Un modelo de transferencia de calor  $H$  por convección, llamado ley de enfriamiento de Newton, es el siguiente:  $H = h A (T_A - T)$ ; donde  $h$  se llama coeficiente de convección, en  $W/(m^2 K)$ ,  $A$  es la superficie que entrega calor con una temperatura  $T_A$  al fluido adyacente, que se encuentra a una temperatura  $T$ .

Figura 7

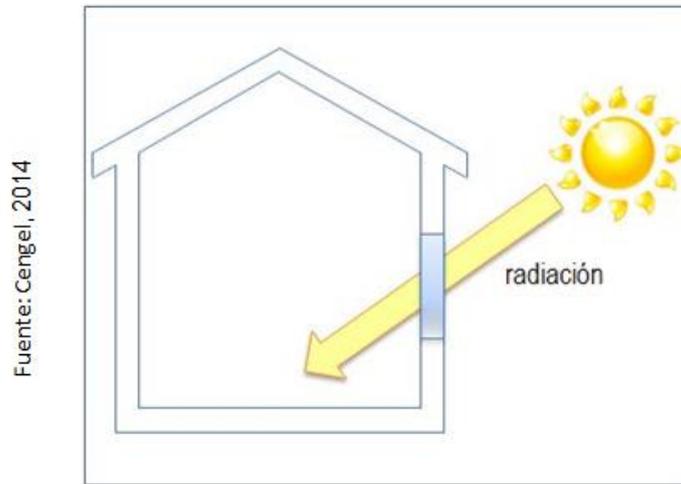


Transferencia de calor por convección

**Radiación de Calor.** La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones.

Considerar la transferencia de radiación por una superficie de área  $A$ , que se encuentra a una temperatura  $T$ . La radiación que emite la superficie, se produce a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie. La rapidez a la cual se libera energía se llama potencia de radiación  $H$ , su valor es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. Esto se conoce como la ley de Stefan, que se escribe como:  $H = \epsilon \sigma A T^4$  (14.5) donde  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 K^4)$  se llama constante de Stefan-Boltzmann y  $\epsilon$  es una propiedad radiativa de la superficie llamada emisividad, sus valores varían en el rango  $0 < \epsilon < 1$ , es una medida de la eficiencia con que la superficie emite energía radiante, depende del material.

Figura 8



Transferencia de calor por radiación

#### 1.4. Formulación del Problema.

¿Cómo se logra climatizar la cabina de una excavadora, utilizando la energía solar, en Chiclayo, 2016?

#### 1.5. Justificación.

**Técnica:** La climatización de la cabina de la excavadora con una temperatura adecuada para el confort del maquinista, se justifica técnicamente debido a que existe mecanismos de tecnología de última generación en sistema de aire acondicionado, en el cuál con un correcto dimensionamiento, y con los dispositivos que el proceso de refrigeración exige, se logra climatizar la cabina, con energía solar.

**Científica:** Se justifica porque haciendo uso de las teorías científicas en lo referente a intercambio de energía en los sistemas de refrigeración, se aplica los conocimientos de procesos térmicos, transferencia de calor, termodinámica, mecánica de fluidos y resistencia de los materiales. Además se justifica porque con un clima con parámetros adecuados, los maquinistas tendrán un rendimiento adecuado en sus labores cotidianas.

**Económica:** El ahorro del consumo de combustible, es el principal beneficio si se utiliza energía solar para climatizar la cabina de una excavadora. Los sistemas de aires acondicionados reducen la eficiencia global de funcionamiento de los mecanismos debido a que tienen un consumo de energía, que finalmente provienen del combustible que se quema en la cámara de combustión

**Ambiental:** La reducción de consumo de combustible tiene como consecuencia directa la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo cual justifica realizar el proyecto, a la vez que incentiva el uso de energías alternativas para accionar pequeñas cargas en las excavadoras.

#### **1.6. Hipótesis:**

El diseño de un sistema que utilice energía solar logra climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016.

## **1.7. Objetivos:**

### **Objetivo general**

Diseñar un sistema que utilice energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Recopilar información en lo referente a niveles de radiación solar, para evaluar la factibilidad del uso de la energía solar en la ciudad de Chiclayo, específicamente en los lugares donde operan las excavadoras.
  
- ✓ Determinar las condiciones de confort que se requieren dentro de una cabina de la excavadora, es decir los rangos de temperatura y humedad relativa
  
- ✓ Calcular y seleccionar los diferentes componentes del sistema que utiliza energía solar, para lograr los niveles de confort en el interior de la cabina de la excavadora, siendo un mecanismo alternativo al existente.
  
- ✓ Evaluar económica y financieramente el presente trabajo, utilizando indicadores tales como la Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN), y Relación Beneficio/Costo (B/C).

## **II. MARCO METODOLOGICO**

### **Diseño de investigación:**

No experimental

### **2.1. Variables:**

#### **Variable independiente:**

Sistema que utiliza Energía Solar.

#### **Variable dependiente:**

Climatización de la Cabina de una Excavadora.

## 2.2. Operacionalización:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
<b>INDEPENDIENTE:</b>  <b>Diseñar un Sistema que utiliza Energía Solar.</b>	<p><i>El sistema en cuestión recibe energía calorífica por medio de un colector y por medio de un proceso denominado de Absorción, realiza el ciclo de refrigeración. El término "absorción" se utiliza para clasificar a uno de los ciclos de refrigeración, que tiene relación con procesos físicos y químicos que ocurren al entrar en contacto gases y líquidos o gases y sólidos (López, 2011, p.11)</i></p>	<p><i>El diseño del sistema se basa en dimensionar los equipos tales como el evaporador, condensador, absorbedor, generador y el intercambiador de energía, en función a las teorías de transferencia de calor, procesos térmicos, mecánica de los fluidos y resistencia de materiales, determinado los estados termodinámicos de los fluidos de trabajo (agua – amoniaco). (Ramos, 2010, p.7)</i></p>	<p><i>*Proceso de Refrigeración por absorción.</i></p> <p><i>*Cambio de estado termodinámico.</i></p>	<p><i>* Flujo másico.</i></p> <p><i>* Presión.</i></p> <p><i>* Radiación. Solar.</i></p> <p><i>* Capacidad frigorífica.</i></p> <p><i>*Temperatura.</i></p> <p><i>*Dimensionamiento de cañerías.</i></p>	<p><i>GUIA DE OBSERVACIÓN</i></p>	<p><i>* KPa</i></p> <p><i>* kg/s</i></p> <p><i>* Watt/m2</i></p> <p><i>* Ton de refrigeración</i></p> <p><i>* Grados centígrados.</i></p> <p><i>* Milímetros.</i></p>

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
<b>DEPENDIENTE:</b> <b>Climatización de la Cabina de una Excavadora.</b>	<i>Niveles de confort en el interior de la cabina de la excavadora, con temperaturas adecuadas de acuerdo a la zona geográfica, para incrementar el rendimiento laboral del maquinista. (Autoría propia)</i>	<i>La climatización de la cabina de la excavadora se realiza mediante el ciclo de absorción, manteniendo la temperatura de confort de 20 grados centígrados, a una presión atmosférica. El calor que se genera en la cabina es la suministrada por el calor corporal del conductor y accesorios en la cabina, el cual se logra por medio del ciclo de refrigeración por absorción, que recibe energía solar. (Autoría propia)</i>	<i>Sensación Térmica.</i>	* Potencia de Cargas Térmicas. * Temperatura de la cabina. * Humedad relativa. * Presión ambiental.	<i>GUIA DE OBSERVACION</i>	*Calorías. * Grados Centígrados. *Porcentaje. * KPa.

### **2.3. Metodología**

### **2.4. Tipos de estudio**

### **2.5. Diseño:**

**No experimental:** Se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente la variable independiente, los fenómenos se observan tal como están en su contexto natural para posteriormente analizarla.

### **2.6. Población y muestra:**

**POBLACION:** Todas las excavadoras del parque de maquinaria de Chiclayo.

**MUESTRA:** Excavadora hidráulica CAT, *MODELO:* 329D, *NUMERO DE SERIE:* CAT0329DPMNB01722, *AÑO DE FABRICACION:* 2014

### **2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: validez y confiabilidad:**

#### **2.7.1 técnicas**

Se emplearan las siguientes técnicas de investigación.

**-Observación:** Se realizará haciendo una inspección de la cabina para determinar el confort en dicho ambiente, así como también se registrará el consumo de combustible cuando el sistema de aire acondicionado existente en la cabina esté funcionando y cuando no esté funcionando, para lo cual se requiere de una ficha de registro de información.

**-Encuesta:** Las encuestas estarán dirigidas a los Maquinistas de las excavadoras para conocer el nivel de confort con el sistema de aire acondicionado existente y los consumos de combustible.

#### **2.7.2 Instrumento de recolección de datos.**

**- Guías de observación:** Las guías de observación que se utilizará será para registrar las temperaturas de la cabina, utilizando los equipos de medición

previamente calibrados (termómetros) y los consumos de combustible al operar el aire acondicionado, (Mediciones de volumen y tiempo), los cuales serán validados por un especialista.

- **Hoja de encuestas:** Se realiza una encuesta para determinar la importancia de tener el aire acondicionado en el interior de la cabina, y las expectativas de contar con un sistema que utilice energía solar.

### **2.7.3 Validez y confiabilidad**

- **Validez:** La validez de este proyecto de investigación nos concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que obtenemos en el estudio del tema científico estudiando en este caso el uso de la energía solar para climatizar el interior de una cabina de la excavadora.
- **Confiabilidad:** Para garantizar esta condición a través del proyecto de investigación se realizará una encuesta a los maquinistas y a los encargados del mantenimiento de los sistemas de aires acondicionados. El análisis de estos datos nos permitirá relacionar nuestros resultados con el tema de investigación estudiado.

## **2.8. Métodos de análisis de datos:**

### **2.8.1 Enfoque Cualitativo**

Se realizarán entrevistas, guías de observación cuyos datos se apuntarán de acuerdo a las mediciones de la radiación solar. Se examinarán las guías de análisis de documentos obtenidos del Ministerio de Energías y Minas, OSINERGMIN, SENAMHI y entidades que brinden información relevante a nuestro proyecto.

### **2.8.2 Enfoque Cuantitativo**

Se utilizará la estadística descriptiva, se aplicará:

Promedio, valores máximos y mínimos.

Así se utilizará el software de Microsoft office Excel, para procesar los datos, y obtener los parámetros estadísticos

### **2.9. Aspectos éticos:**

Los resultados del diseño propuesto, se realizarán en base de los datos recopilados, sin adulterar su valor ni cualidad, y los cálculos que se realicen estarán dentro de lo estipulado por las teorías científicas existentes, en éste caso a los procesos de refrigeración por absorción.

### **III. RESULTADOS.**

#### **3.1. Análisis de Información para factibilidad de uso de energía solar.**

Se utilizó la guía de observación, que es un Instrumento diseñado para recopilar información de las variables del medio ambiente que se constituyen de la energía solar, para evaluar el potencial energético y su aprovechamiento en la propuesta de diseño de la cabina climatizada para las excavadoras, objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Chiclayo, ubicada al Norte del Perú, con una Latitud sur  $6,7766^{\circ}$ , y longitud occidente de  $79,8465^{\circ}$ , los valores de temperatura tienen variación de acuerdo a las estaciones del año. En invierno, la temperatura tiene un rango entre los  $15$  y  $25^{\circ}\text{C}$ , mientras que en verano, la temperatura fluctúa entre los  $21$  y  $34^{\circ}\text{C}$ . (SENAMHI, 2014, p.2).

Las mediciones que se han recopilado corresponden a los niveles de radiación solar, temperatura y humedad relativa. Las lecturas han sido registradas, eligiendo 05 días al mes, durante el mes de Agosto del 2016, el protocolo de toma de lecturas fue:

- a) Hora de Inicio de la medición: 09.00 horas.
- b) Número de mediciones cada una hora: 3
- c) Hora de término de la medición: 17 Horas.
- d) Tiempo de estabilización de medida: 1 minuto.
- e) Días de muestreo: 1, 6, 11, 16 y 21 de Agosto.
- f) Lugar: Taller de Mantenimiento.

## Características del equipo de Medición

Este Solarímetro es marca TENMARS modelo TM-206 y se puede apreciar que los valores que da es en W/M<sup>2</sup>.

Figura 9



Fuente: Autoría Propia

Medición de radiación solar en Chiclayo

TABLA 1

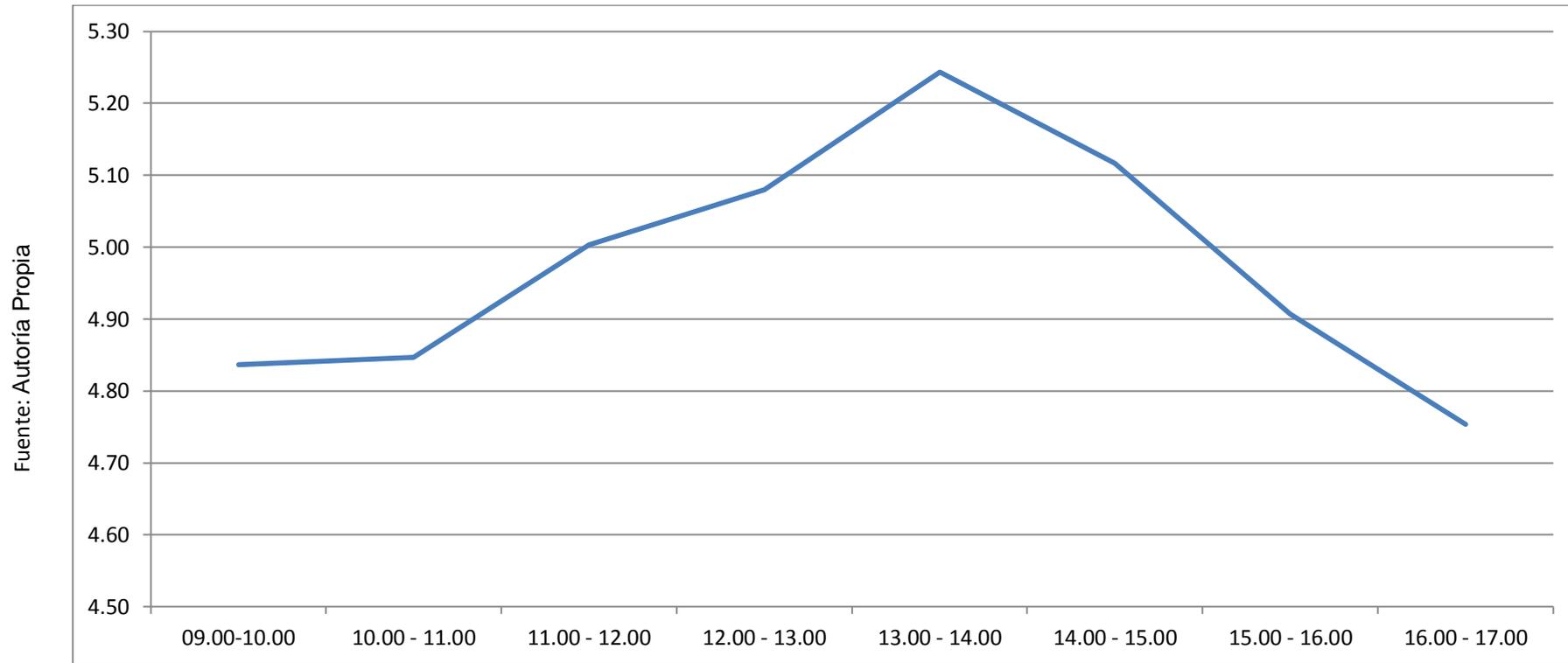
Recopilación de Información de Niveles de Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa

Día	Hora	Radiación Solar (En KWh/m2)				Temperatura (°c)				Humedad Relativa (%)			
		1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio	1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio	1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio
1 de Agosto	09.00-10.00	4,84	4,82	4,85	4,84	18	19,5	19,9	19,1	79,5	80	81	80,2
	10.00 - 11.00	4,9	4,83	4,81	4,85	18,7	18,6	18,9	18,7	78,6	78,8	79,1	78,8
	11.00 - 12.00	4,98	5,03	5	5,00	19,2	19,3	19,4	19,3	75,6	74,8	75,6	75,3
	12.00 - 13.00	5,06	5,08	5,1	5,08	19,3	19,2	19,1	19,2	72,5	73	73,4	73,0
	13.00 - 14.00	5,29	5,24	5,2	5,24	21,3	21,4	21,7	21,5	73,4	74	74,2	73,9
	14.00 - 15.00	5,14	5,1	5,11	5,12	20,3	21	20,9	20,7	71,5	73,2	73,2	72,6
	15.00 - 16.00	4,91	4,92	4,89	4,91	20,2	20,3	20,1	20,2	72,5	72,6	72,6	72,6
	16.00 - 17.00	4,79	4,71	4,76	4,75	19,3	18,9	19	19,1	76,5	77	76,9	76,8
6 de Agosto	09.00-10.00	4,82	4,82	4,87	4,84	17,3	17,3	17,5	17,4	79,6	80,3	79,9	79,9
	10.00 - 11.00	4,98	4,91	4,87	4,92	17,3	17,5	17,7	17,5	78,6	78,8	79,1	78,8
	11.00 - 12.00	5,05	5,1	5,09	5,08	18,3	18,4	18,4	18,4	75,6	74,8	75,6	75,3
	12.00 - 13.00	5,04	5,05	5,12	5,07	18,4	18,3	18,3	18,3	75,1	75,3	75,6	75,3
	13.00 - 14.00	5,31	5,32	5,25	5,29	19,2	19,1	19	19,1	77,5	77,4	77,3	77,4
	14.00 - 15.00	5,11	5,09	5,1	5,10	19,4	19,3	19,3	19,3	75,3	74,9	75,1	75,1
	15.00 - 16.00	4,99	4,97	4,96	4,97	18,4	18,6	18,9	18,6	73,4	74,1	73,9	73,8
	16.00 - 17.00	4,77	4,72	4,73	4,74	18,3	18,9	18,7	18,6	73,4	73,9	74,1	73,8
	09.00-10.00	4,79	4,77	4,71	4,76	18	18,1	18,2	18,1	81,2	81,3	81,5	81,3

Fuente: Autoría Propia

11 de Agosto	10.00 - 11.00	4,91	4,9	4,88	4,90	17,9	17,8	18,1	17,9	82,1	81,9	81,8	81,9
	11.00 - 12.00	5	5,11	5,15	5,09	18,2	18,1	17,9	18,1	79,4	79,3	79,6	79,4
	12.00 - 13.00	5,13	5,01	5,07	5,07	19,2	19,1	19,4	19,2	76,7	76,8	76,9	76,8
	13.00 - 14.00	5,12	5,14	5,17	5,14	20,2	20,3	20,1	20,2	72,4	72,7	72,9	72,7
	14.00 - 15.00	5,09	5,08	5,12	5,10	20,2	20,3	20,5	20,3	73,4	74,1	74,1	73,9
	15.00 - 16.00	4,91	4,9	4,88	4,90	19,4	19,8	19,9	19,7	72,6	72,7	72,9	72,7
	16.00 - 17.00	4,66	4,65	4,69	4,67	18,3	18,4	18,9	18,5	72,9	72,9	73	72,9
16 de Agosto	09.00-10.00	4,78	4,77	4,72	4,76	17,3	17,4	17,6	17,4	82,1	81,9	81,3	81,8
	10.00 - 11.00	4,77	4,78	4,75	4,77	17,9	17,9	18,1	18,0	81,3	81,4	81,3	81,3
	11.00 - 12.00	4,91	4,92	4,93	4,92	18,1	18,3	18,2	18,2	80,9	80,8	80,7	80,8
	12.00 - 13.00	4,99	5,01	4,96	4,99	18,3	18,4	18,5	18,4	79,4	79,5	79,6	79,5
	13.00 - 14.00	5,02	5,04	5,03	5,03	19,1	19,2	19,3	19,2	78,5	78,7	78,9	78,7
	14.00 - 15.00	5,08	5,06	5,06	5,07	19,3	19,4	19,4	19,4	77,3	77,3	77,1	77,2
	15.00 - 16.00	4,89	4,82	4,85	4,85	19,3	19,4	19,5	19,4	73,5	73,6	73,7	73,6
	16.00 - 17.00	4,67	4,65	4,69	4,67	18,8	18,7	18,6	18,7	74,5	74,7	74,9	74,7
21 de Agosto	09.00-10.00	4,81	4,89	4,91	4,87	18,2	18,9	18,5	18,5	78,1	78,8	78,5	78,5
	10.00 - 11.00	4,99	5,02	5,03	5,01	19,1	19,3	19,3	19,2	77,6	77,5	77,8	77,6
	11.00 - 12.00	5,11	5,19	5,18	5,16	19,4	19,5	19,7	19,5	76,5	76,8	76,9	76,7
	12.00 - 13.00	5,34	5,37	5,39	5,37	19,9	19,9	20,3	20,0	76,1	75,9	75,8	75,9
	13.00 - 14.00	5,29	5,27	5,26	5,27	21,2	21,3	21,5	21,3	78,6	78,9	78,9	78,8
	14.00 - 15.00	5,13	5,14	5,18	5,15	21	21,1	21,1	21,1	76,7	76,9	77,1	76,9
	15.00 - 16.00	5,19	5,2	5,25	5,21	21,2	21,4	21,5	21,4	74,9	75,1	76	75,3
	16.00 - 17.00	5,03	5,01	4,99	5,01	20,9	20,8	20,7	20,8	73,9	74,1	74,4	74,1

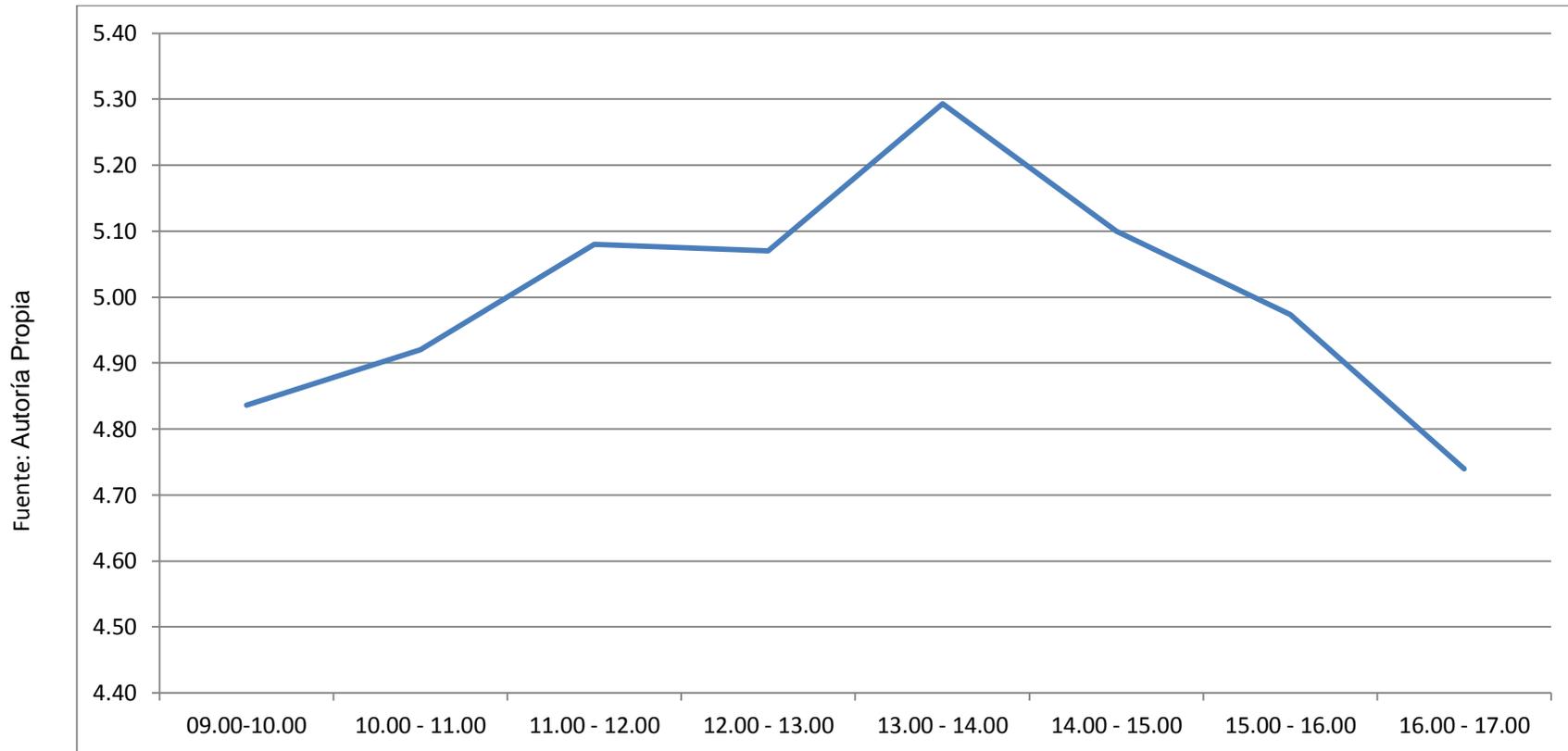
**Gráfica 1**



*Evolución de los niveles de radiación solar (KW.H /m2): día 01 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 1, se puede apreciar que entre las 12:00 y 14:00 horas, ocurre el máximo nivel de radiación solar, que logra superar los 5 Kw-h/m2, sin embargo en el inicio y el fin del día los niveles de radiación solar no están por debajo de los 4,70 KW.-h/m2.

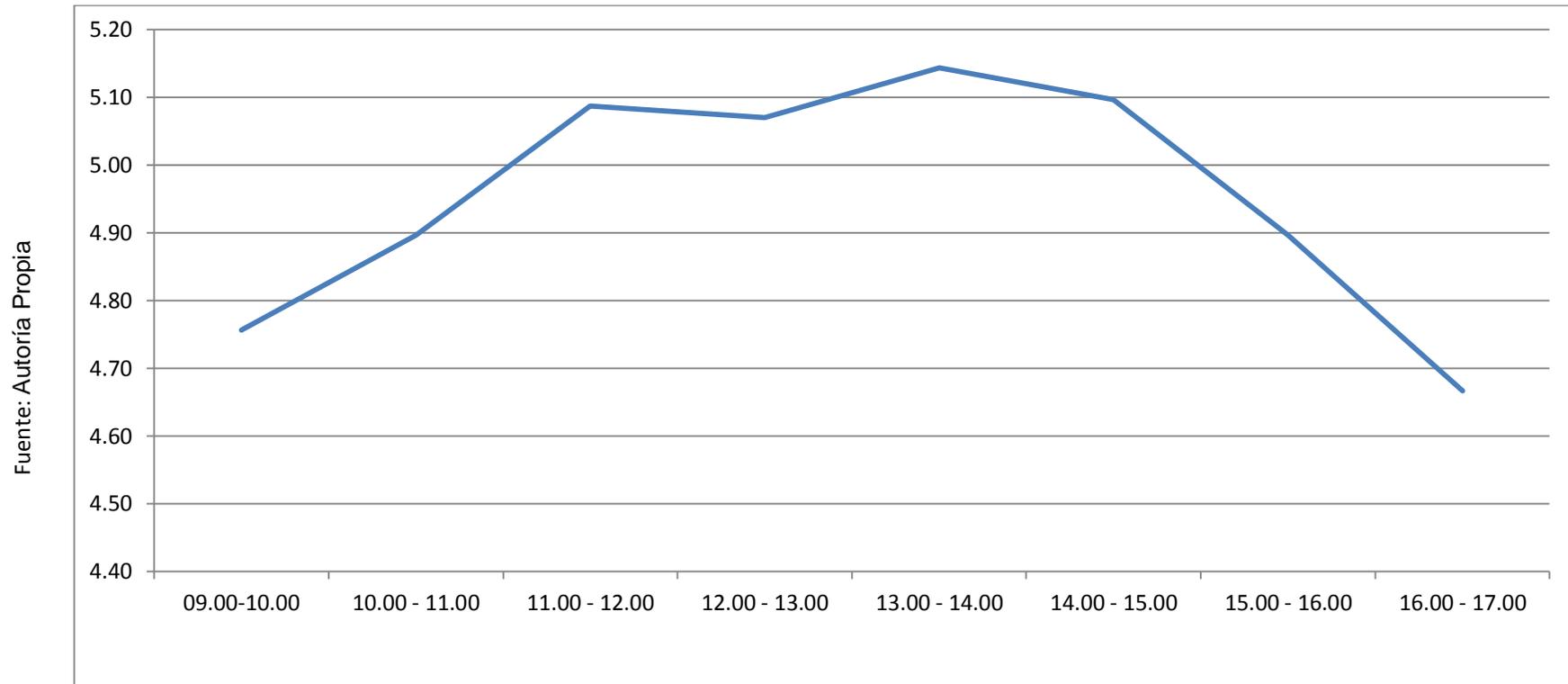
**Gráfica 2**



*Evolución de los niveles de radiación solar (KW.H /m2): día 06 de Agosto 2016.*

En la gráfica N° 2, se puede apreciar que a las 13:00 horas ocurre el máximo nivel de radiación solar, que logra superar los 5,30 KW-h/m2, sin embargo en el inicio y el fin del día los niveles de radiación solar no están por debajo de los 4,80 KW-h/m2.

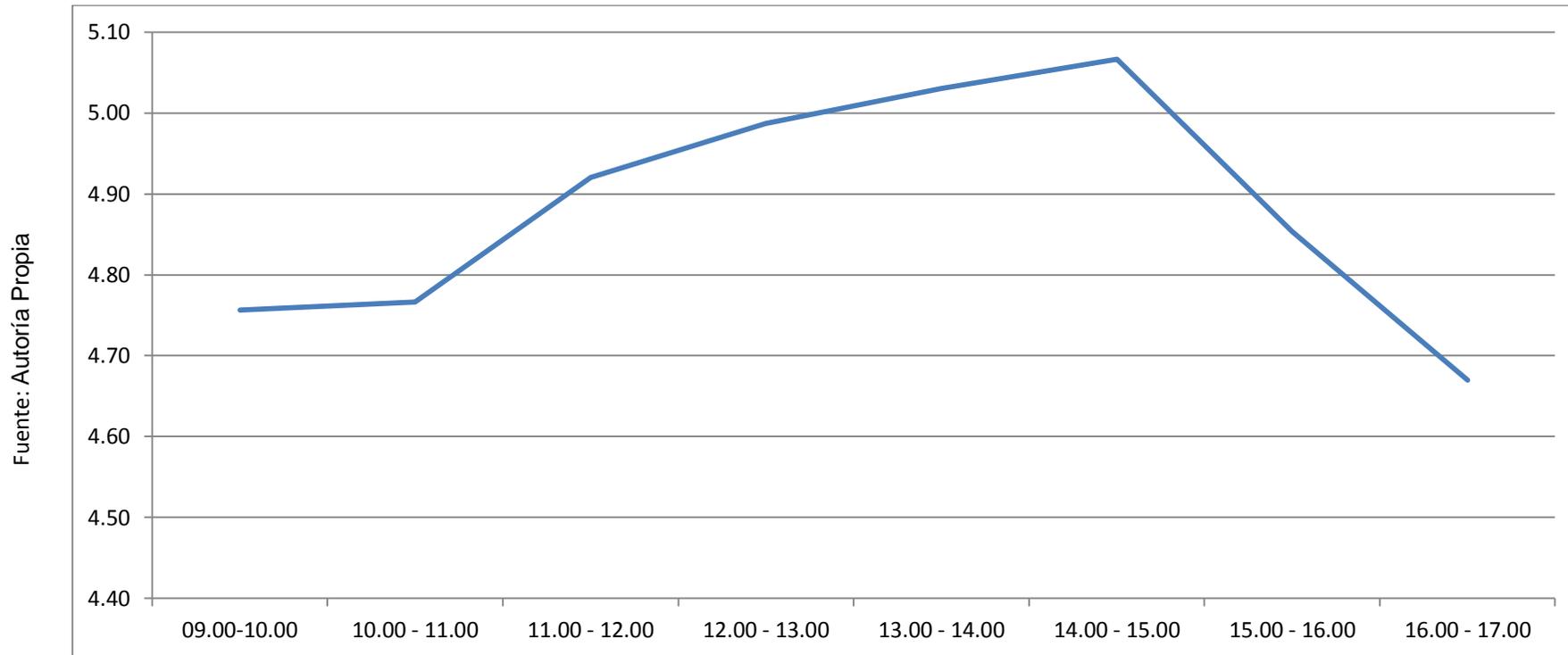
**Gráfica 3**



*Evolución de los niveles de radiación solar (KW.H /m2): día 11 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 3, se puede apreciar que entre las 11:00 y 14:00 horas, ocurre el máximo nivel de radiación solar, que logra superar los 5,10 KW-h/m2, sin embargo en el inicio y el fin del día los niveles de radiación solar no están por debajo de los 4,70 KW-h/m2.

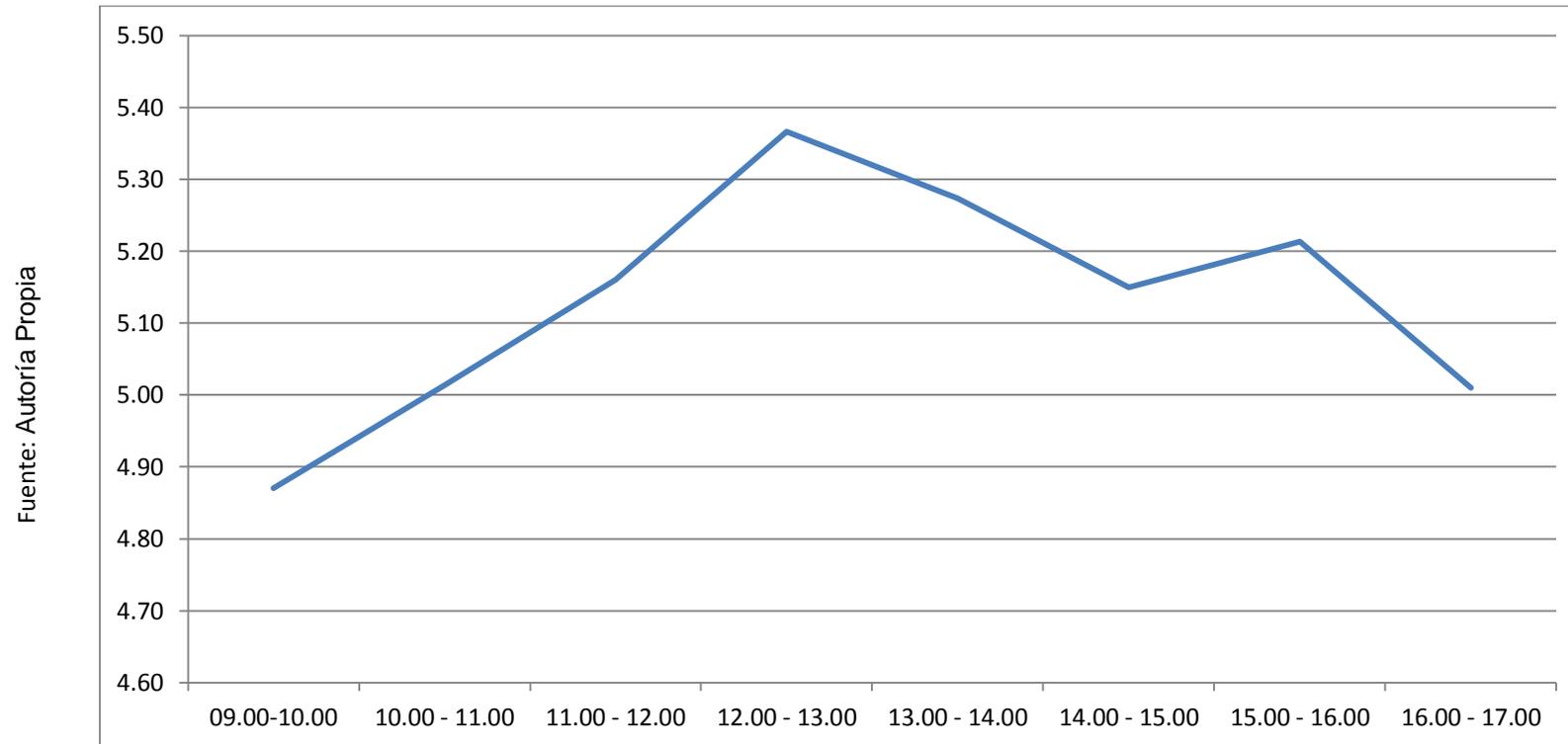
**Gráfica 4**



*Evolución de los niveles de radiación solar (KW.H /m2): día 16 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 4, se puede apreciar que entre las 12:00 y 15:00 horas, ocurre el máximo nivel de radiación solar, que logra superar los 5 KW-h/m2, sin embargo en el inicio y el fin del día los niveles de radiación solar no están por debajo de los 4,70 KW-h/m2.

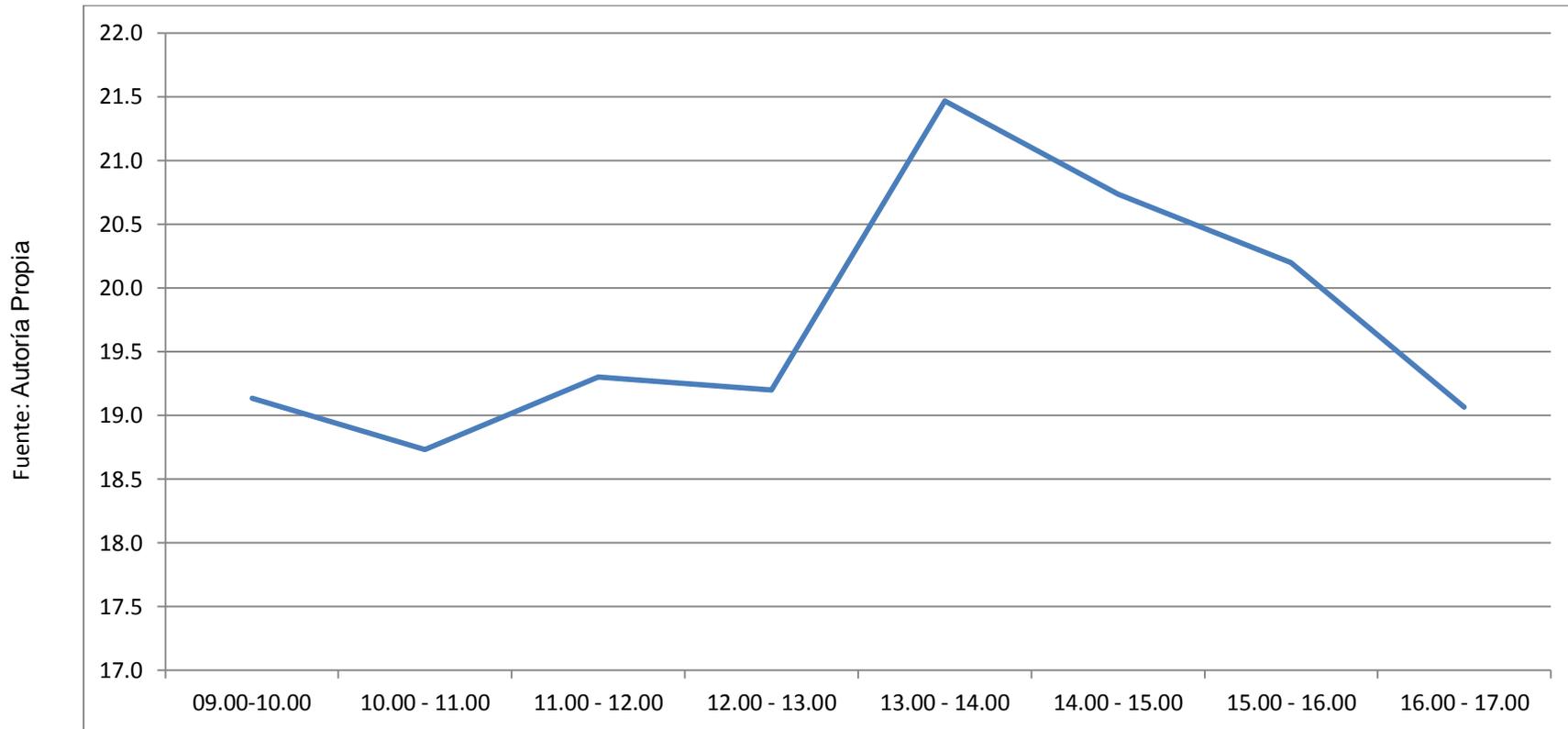
**Gráfica 5**



*Evolución de los niveles de radiación solar (KW.H /m2): día 21 de Agosto 2016.*

En la gráfica N° 5, se puede apreciar que entre las 12:00 y 13:00 horas, ocurre el máximo nivel de radiación solar, que logra superar los 5,30 KW-h/m2, sin embargo en el inicio y el fin del día los niveles de radiación solar no están por debajo de los 4,90 KW-h/m2.

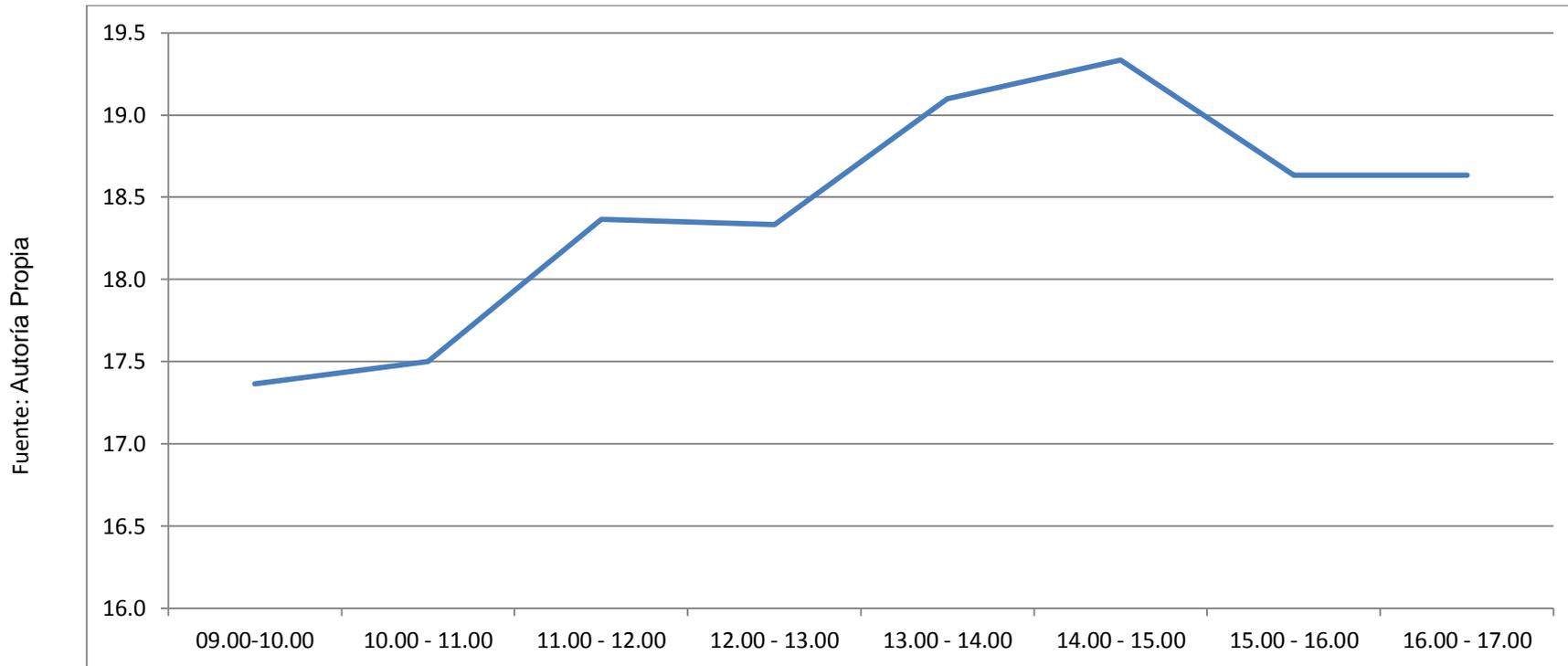
**Gráfica 6**



*Evolución de la Temperatura (°C) día 01 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 6, se puede apreciar que entre las 13:00 y 14:00 horas, ocurre el máximo nivel de Temperatura, que logra superar los 21,5 grados centígrados, sin embargo en el inicio del día la temperatura es menor a 19 °C y de igual valor al final de día.

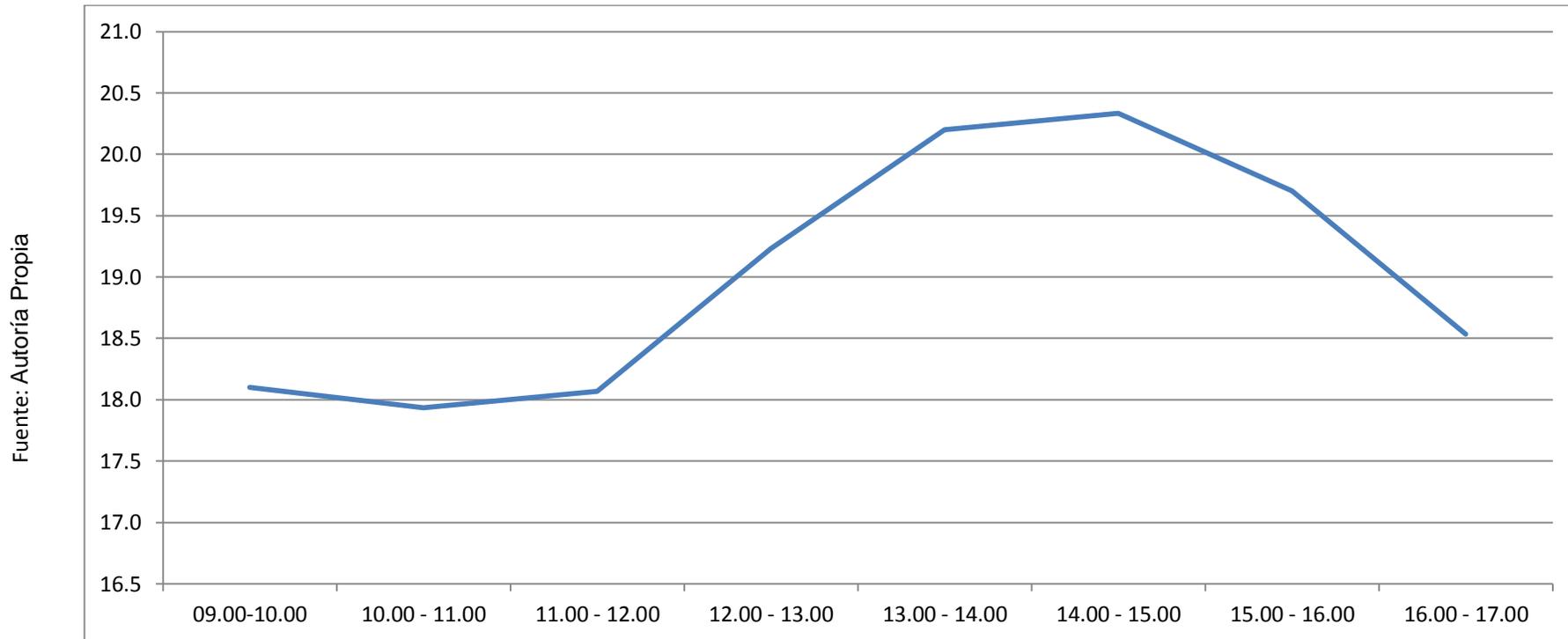
**Gráfica 7**



*Evolución de la Temperatura (°C) día 06 de Agosto 2016.*

En la gráfica N° 7, se puede apreciar que entre las 13:00 y 14:00 horas, ocurre el máximo nivel de Temperatura, que logra superar los 19 grados centígrados, sin embargo en el inicio del día la temperatura es menor a 17,5 °C y de 18,5 al promediar las 16:00 horas.

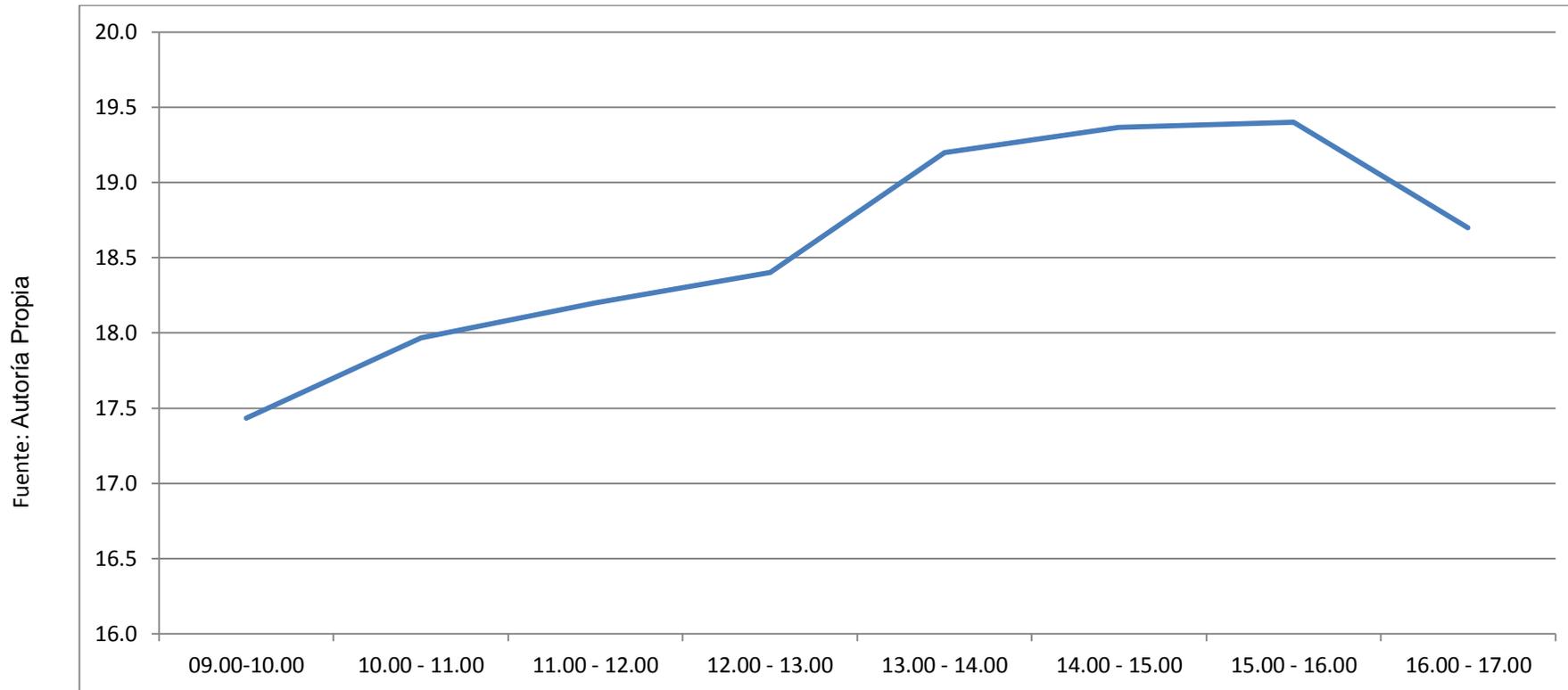
**Gráfica 8**



*Evolución de la Temperatura (°C) día 11 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 8, se puede apreciar que entre las 13:00 y 14:00 horas, ocurre el máximo nivel de Temperatura, que logra superar los 20,5 grados centígrados, sin embargo en el inicio del día la temperatura es menor a 18 °C y de 18,5 al promediar las 16:00 horas.

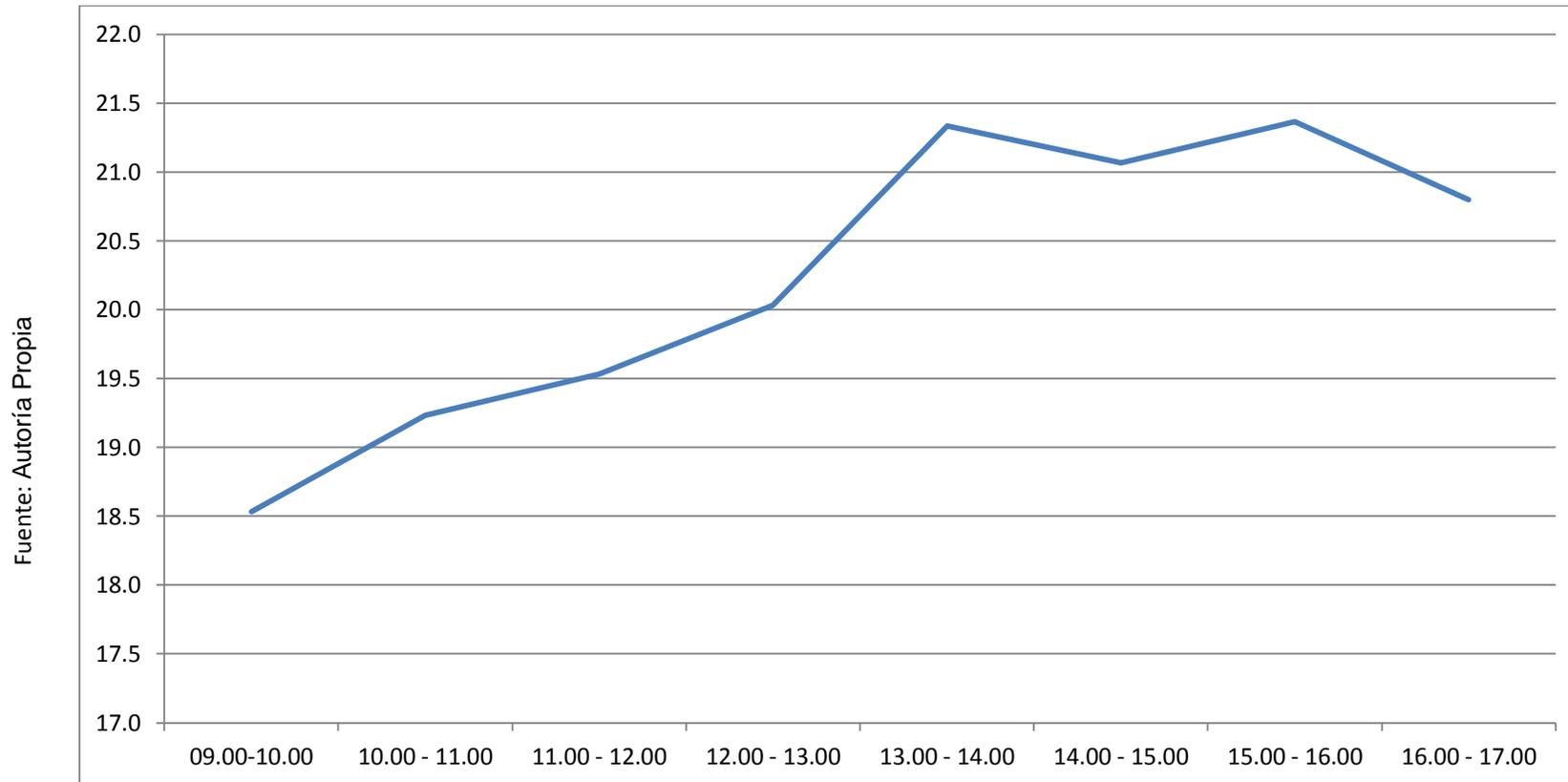
**Gráfica 9**



*Evolución de la Temperatura (°C) día 16 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 9, se puede apreciar que entre las 13:00 y 15:00 horas, ocurre el máximo nivel de Temperatura, que logra superar los 19 grados centígrados, sin embargo en el inicio del día la temperatura es menor a 17,5 °C y de 18,5 al promediar las 16.00 horas.

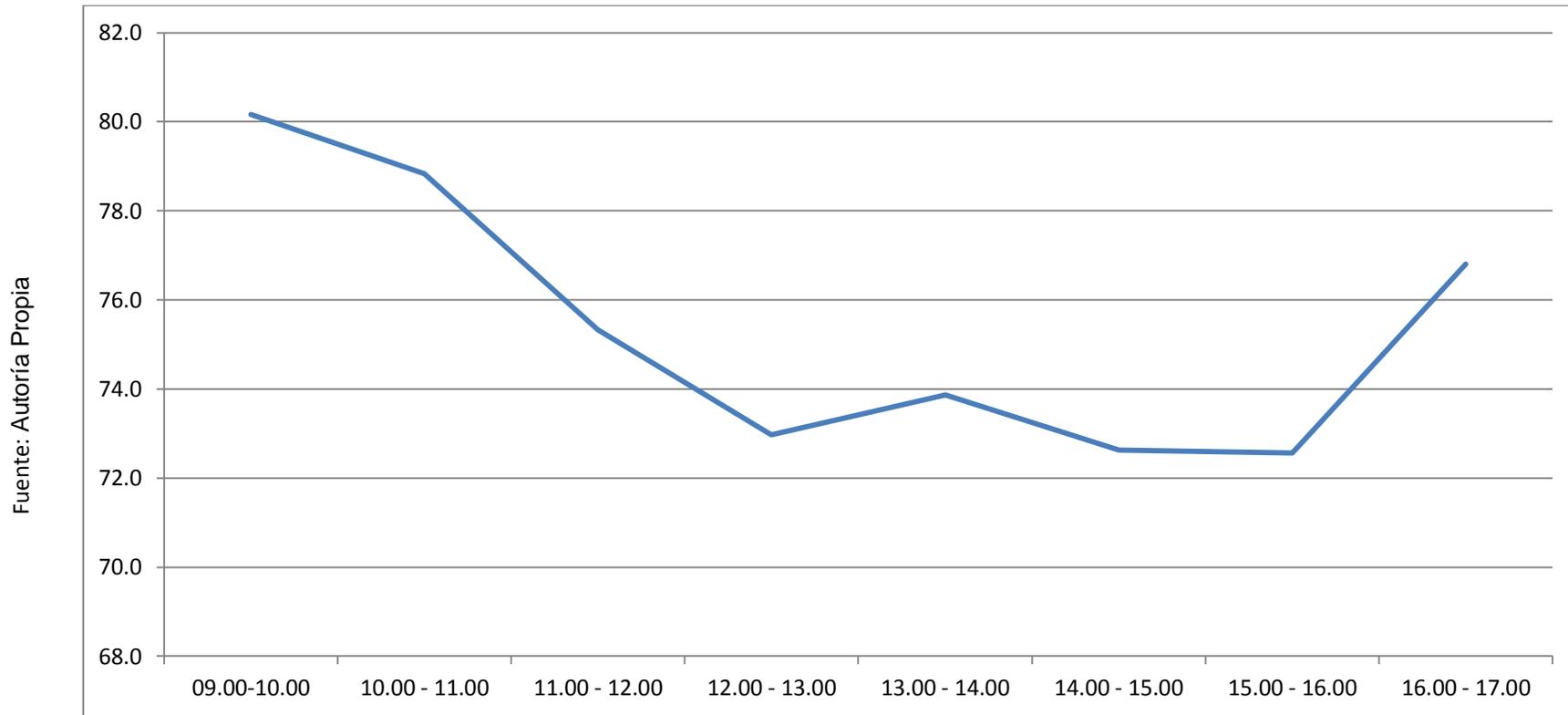
**Gráfica 10**



*Evolución de la Temperatura (°C) día 21 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 10, se puede apreciar que entre las 13:00 y 15:00 horas, ocurre el máximo nivel de Temperatura, que logra superar los 20 grados centígrados, sin embargo en el inicio del día la temperatura es menor a 18,5 °C y de 20 °C al promediar las 16.00 horas.

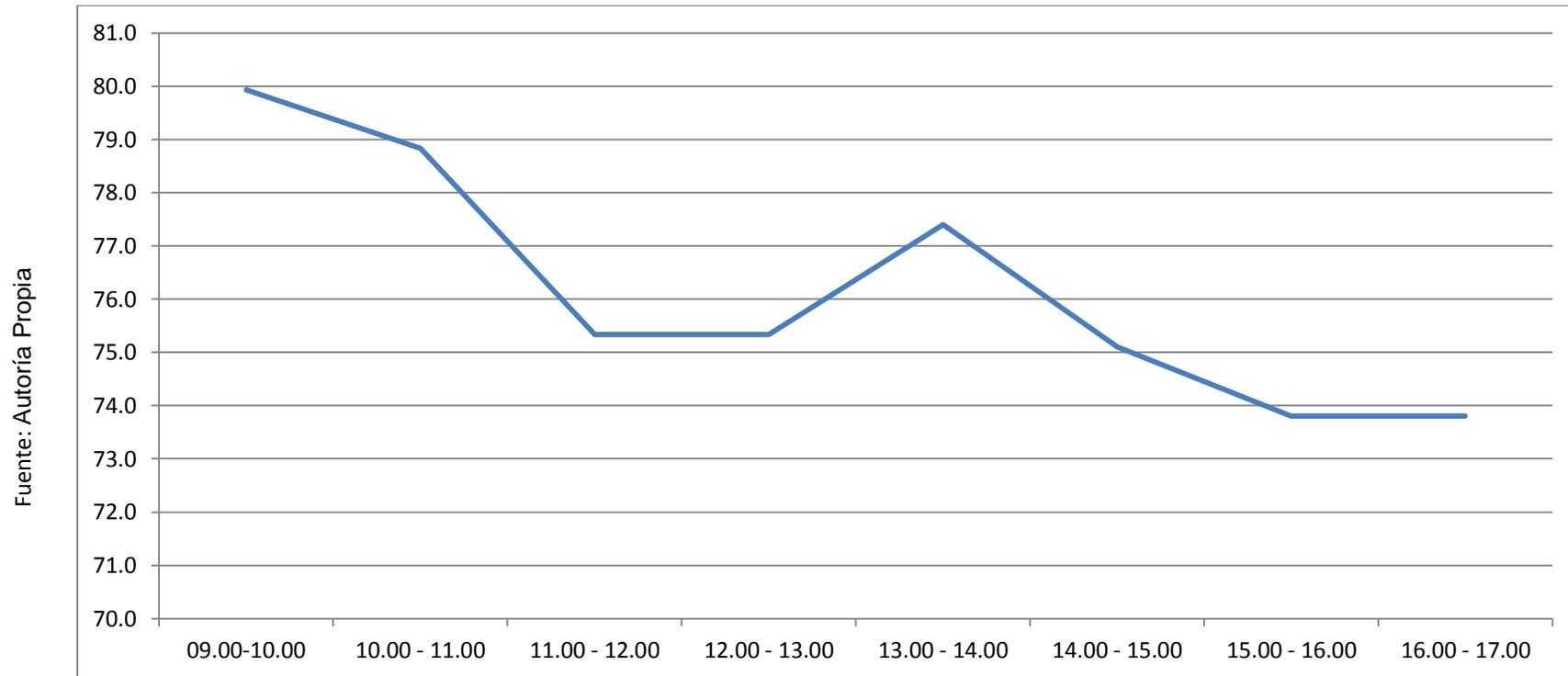
**Gráfica 11**



*Evolución de la Humedad Relativa (%) día 01 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 11, se puede apreciar que entre las 12:00 y 14:00 horas, ocurre el mínimo nivel de Humedad relativa, que logra superar el 72%, sin embargo en el inicio del día la humedad relativa es mayor a 80% y de 78% al promediar las 16:00 horas.

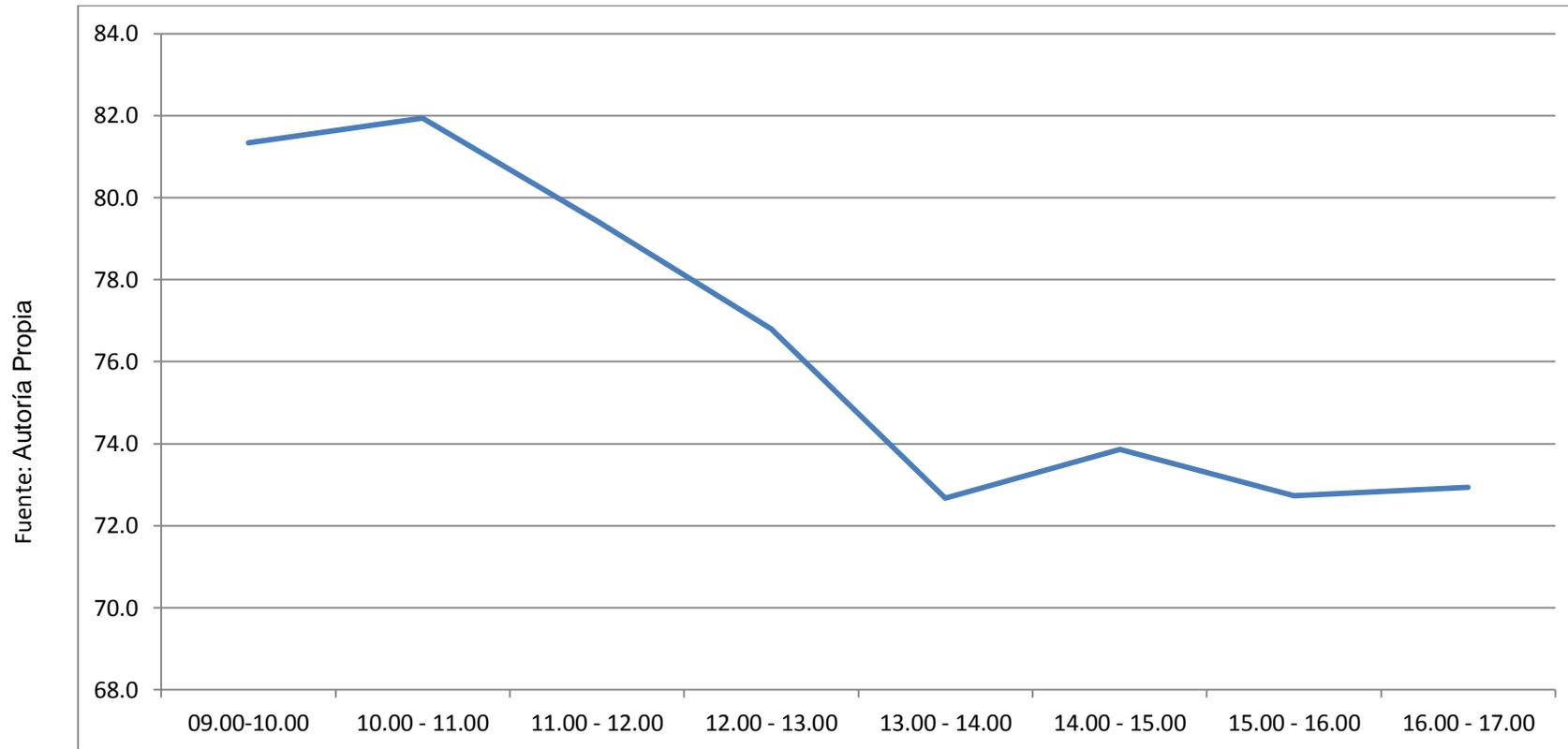
**Gráfica 12**



*Evolución de la Humedad Relativa (%) día 06 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 12, se puede apreciar que entre las 12:00 y 14:00 horas, ocurre el mínimo nivel de Humedad relativa, que logra superar el 75%, sin embargo en el inicio del día la humedad relativa es mayor a 80% y de 75% al promediar las 16:00 horas.

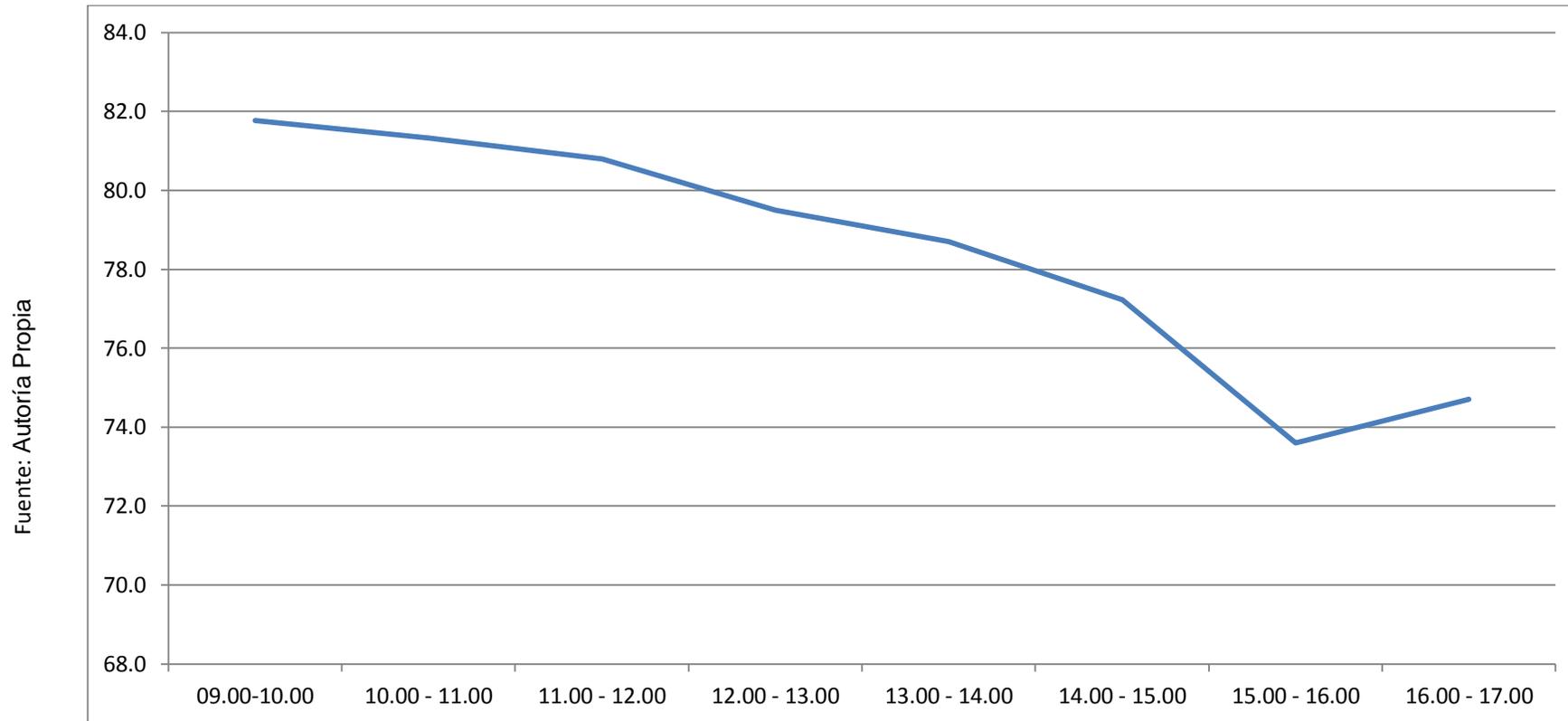
**Gráfica 13**



*Evolución de la Humedad Relativa (%) día 11 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 13, se puede apreciar que entre las 13:00 y 15:00 horas, ocurre el mínimo nivel de Humedad relativa, que logra superar el 72%, sin embargo en el inicio del día la humedad relativa es mayor a 82% y de 74% al promediar las 16:00 horas.

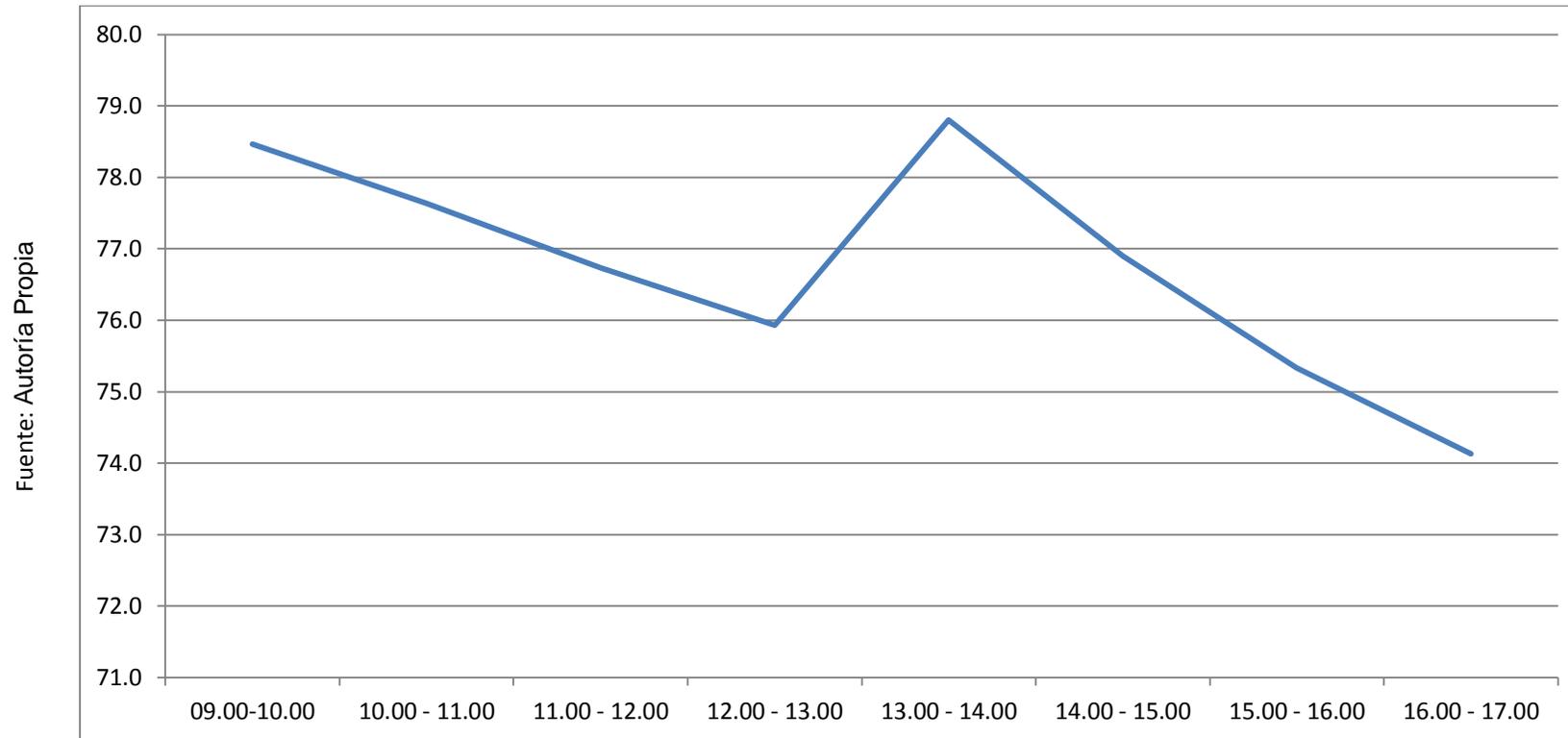
**Gráfica 14**



*Evolución de la Humedad Relativa (%) día 16 de Agosto 2016*

En la gráfica N° 14, se puede apreciar que a las 15:00 horas, ocurre el mínimo nivel de Humedad relativa, que logra superar el 74%, sin embargo en el inicio del día la humedad relativa es mayor a 81% y de 74% al promediar las 16:00 horas.

**Gráfica 14**



*Evolución de la Humedad Relativa (%) día 21 de Agosto 2016.*

En la gráfica N° 14, se puede apreciar que a las 12:00 horas, ocurre el mínimo nivel de Humedad relativa, que logra superar el 78%, sin embargo en el inicio del día la humedad relativa es mayor a 81% y de 74% al promediar las 16:00 horas.

### **3.2. Determinar las condiciones de confort que se requieren dentro de una cabina de la excavadora, es decir los rangos de temperatura y humedad relativa.**

“Es imposible definir con exactitud los parámetros de un ambiente confortable, entre otras razones, porque las personas se sienten confortables en condiciones diferentes: cuando para una persona hace frío, otra encuentra ideal esa misma temperatura” (Microclima: Ventilación, Humedad, Temperatura, 2013, p. 3).

El confort térmico se alcanza cuando se produce un cierto equilibrio entre el calor generado por el organismo como consecuencia de la demanda energética, y el que es capaz de ceder recibir del ambiente, por lo tanto su interés saber cómo influye la ropa y en concreto, su capacidad respecto al calor (Microclima: Ventilación, Humedad, Temperatura, 2013, p. 3).

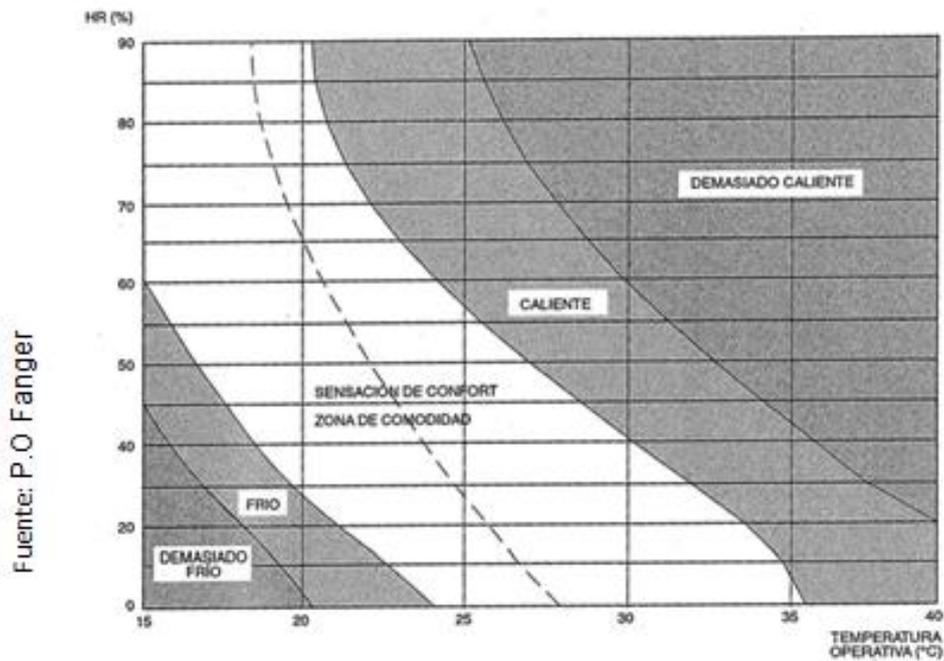
“La humedad relativa recomendable está entre el 40% y el 50%. Una humedad relativa alta (entre el 60-70%) con calor ambiental provoca sudoración, pero en este ambiente húmedo el sudor no puede evaporarse y aumenta la sensación de calor” (Microclima: Ventilación, Humedad, Temperatura, 2013, p. 3).

Algunos trabajadores están expuestos a muy altas temperaturas que constituyen una seria amenaza para su salud. Todos los trabajadores que, sin llegar a estos extremos, estén expuestos a temperaturas más elevadas que las adecuadas a las características de su trabajo, pueden tener que soportar desde simples molestias hasta pérdidas en su salud. Nuestro organismo necesita mantener su temperatura interna dentro de un estrecho margen de oscilación, entre 36 y 37°C, sin pérdida de bienestar (Microclima: Ventilación, Humedad, Temperatura, 2013, p. 3).

“Permanecer dentro de un vehículo resulta peligroso cuando la temperatura interior alcanza los 40 grados centígrados. El habitáculo puede llegar a alcanzar 55° C con una irradiación directa del sol si la temperatura exterior es de 35° C” (Mascoche.net, 2013, p. 1).

Figura 10

Figura 1. Curva de confort (P.O Fanger)



En la tabla 2 se observa los consumos metabólicos de acuerdo a la actividad realizada.

Tabla 2

CLASE	CONSUMO METABOLICO (Kcal/h)	WBGTT (valor de referencia °C)				EJEMPLOS
		Persona aclimatada		Persona no aclimatada		
<b>0 DESCANSO</b>	100	33		32		Descanso
<b>1 C.M. BAJO</b>	100-200	30		29		Sentado cómodamente: trabajo manual ligero (escribir, escribir a máquina, dibujar, coser, contabilidad), trabajo con manos y brazos (banco pequeño de herramientas, inspección, reunión o clasificación de materiales ligeros); trabajos con brazos y piernas (conducir un vehículo en condiciones normales, operar con interruptores de pie o pedal) Estar de pie: taladrar (pequeñas partes); máquinas de moler (pequeñas partes); bobinado de bobinas; bobinado de pequeñas herramientas; trabajo con herramientas; trabajo con herramientas de baja potencia; paseos ocasionales (velocidad hasta 3.5 km/h)
<b>2 C.M. MODERADO</b>	200-300	28		26		Trabajo de sostenimiento con manos y brazos (martilleado, rellenado) trabajo con brazos y piernas (camiones, tractores o equipo de construcción); trabajos con brazos y tronco (trabajo con martillo neumático, ensamblaje de tractores, enyesar, manejo manual de material moderadamente pesado, escardar, manejo de azada, seleccionar frutas o verduras); empujar o tirar carretas o carretillas cargadas con pesos ligeros; caminar a una velocidad de 3.5 - 5.5 km/h; forjar
<b>3 C.M. ALTO</b>	310-400	<b>V=0</b>		<b>V=0</b>		Trabajo intenso de brazos y tronco; transporte de material pesado; manejo de pala, serrar; tallado de madera dura; siega a manos; excavado; caminar a una velocidad de 5.5 - 7 km/h Empujar o tirar carretas o carretillas con cargas muy pesadas, vaciar moldes de gravillas; tendido de bloque de hormigón
<b>4 C.M. MUY ALTO</b>						Actividad muy intensa realizada con un ritmo forzado; trabajo con un hacha; manejo de pala o cavado intenso; subir escaleras, rampas escalar; caminar rápidamente con pequeños pasos, correr, caminar a velocidad superior de 7 km/h

*Consumo Metabólico de acuerdo a la actividad realizada*

## Índice Medio de Valoración.

Se define IMV (Índice Medio de Valoración), a la sensación térmica que experimentan la mayoría de personas sometidas a la misma situación.

Tabla 3

Fuente: Autoría Propia

<b>IMV</b>	<b>Sensación térmica que produce</b>
+3	Muy caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Índice Medio de Valoración

## Resistencia Térmica del Vestido

Es la capacidad que tienen la prenda de vestir para aislar térmicamente a la persona del medio ambiente, y evitar la transferencia de calor ya sea por convección, radiación o conducción, y se mide en unidades denominadas "clo".

Tabla 4

Fuente: Autoría Propia

<b>Prenda de vestir</b>	<b>Resistencia Térmica Icl (clo)</b>
Calcetines ligeros	0,03
Calcetines gruesos	0,04
Camiseta ligera	0,2
Camiseta gruesa	0,25
Jersey	0,37
Pantalón ligero	0,26
pantalón grueso	0,44

Resistencia Térmica del vestido

## Condiciones de Confort Recomendada

Tabla 5

Condiciones	Estación Invierno	Estación Verano
Temperatura Operativa: T Seca del aire + T radiante media/2	20-24°	23-26°
Velocidad del aire	Menor a 0,15m/s	Menor a 0,25m/s
Humedad relativa	50%	50%
Resistencia térmica del vestido	1 clo	0,5clo

Fuente: Autoría Propia

### Temperatura y Humedad recomendada

Las cabinas de la excavadoras, tiene aproximadamente un volumen de 3 metros cúbicos por lo cual, al estar con las ventanas cerradas para evitar el ingreso de polvos provenientes del trabajo que realiza, la cantidad de aire que se requiere climatizar tiene un peso aproximado de 3,81 Kg, que es la masa de aire que recircula y que está en contacto con el conductor, por lo cual se selecciona una temperatura de 22 grados centígrados, y humedad relativa de 60%, con éstos parámetros se realizará el diseño del sistema de aire acondicionado.

### **Análisis de las encuestas realizadas**

De realizó las encuestas a los 4 trabajadores mecánicos de la empresa donde se realiza el presente trabajo de investigación, los resultados se muestran en la tabla.

Tabla 6

Nº	Pregunta	1ra Entrevistado	2do Entrevistado	3ro Entrevistado	4to Entrevistado
1	Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?	3	3	3	2
2	Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo en horas, usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?	3	4	2	1
3	¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?	6 galones; 15%	5 Galones; 15%	6 Galones; 30%	6.5 Galones; 20%
4	Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.	No	No	No	No
5	Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?	10:00 a 16:00	09:00 a 15:30	11:00 a 15:00	09:00 a 15:00
6	¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?	Flujo de aire y parasol	Área libre y parasol	Área libre y flujo de aire	Flujo de aire fresco

Fuente: Autoría Propia

#### Resultados de encuestas aplicadas al personal técnico.

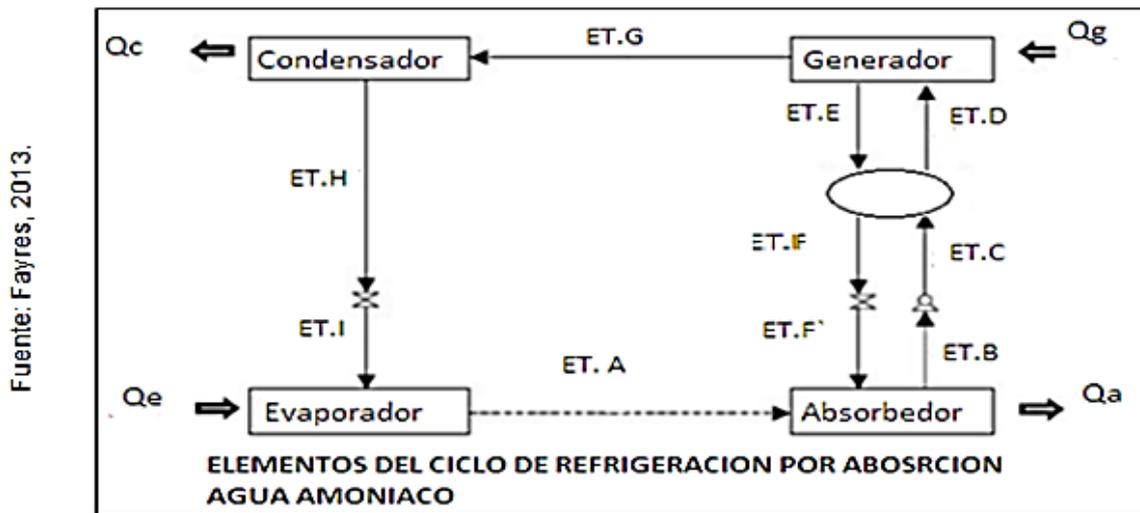
El análisis de las encuestas realizadas, se puede concluir que existe un problema de climatización de las cabinas de las excavadoras, y que los operadores manifiestan que sus actividades se ven perjudicadas por éste factor, además de que existe expectativas por parte de los operadores, de climatizar las cabinas sin incurrir en el incremento del consumo de combustible, básicamente por un tema de aumento de los gastos operativos como también la disminución de los niveles de contaminación por parte de los gases de la combustión.

### 3.3. Cálculo, y Selección del sistema

#### 3.3.1. Evaluación de los estados termodinámicos.

Los diversos elementos que conforman el sistema de aire acondicionado, cumplen funciones específicas dentro del ciclo de refrigeración por absorción, teniendo con fin lograr climatizar la cabina de la excavadora a una temperatura que sea agradable para el maquinista; todo ello se logra aprovechando las bondades de los estados termodinámicos de los fluidos que intercambian energía.

Figura 11



Donde:

$Q_c$ : Calor entregado por el condensador, en Watt.

$Q_g$ : Calor absorbido por el generador, en Watt.

$Q_a$ : Calor entregado por el absorbedor, en Watt.

$Q_e$ : Calor absorbido por el Evaporador, en Watt.

ET: Estado Termodinámico.

### 3.3.2. Balance Energético en cada Equipo del Sistema.

El ciclo a utilizar en la climatización de las cabinas de las excavadoras será por absorción. Los balances de energía, es una metodología que se deriva de la ley de la conservación de la energía, y debe aplicarse a cada elemento del ciclo termodinámico; es importante distinguir que los fluidos no sufren cambios químicos, sino los cambios son netamente físicos y específicamente térmicos.

Para realizar el balance de energía, se tiene q tener en cuenta todas las variables que están involucradas, siendo una de las más significativas la entalpía de la sustancia, que integra las presiones y temperaturas de los fluidos. Existe otras formas de energía que en éste caso no son tan significantes, como son la energía cinética y la potencial.

El balance energético, es un equilibrio entre la energía que ingresa al ciclo como la que el ciclo entrega hacia el medio, por lo tanto, la ecuación siguiente es la que relaciona un balance energético:

$$Q_e + Q_c + Q_a + Q_g - W_b = 0$$

En donde:

$Q_e$ : calor absorbido en la evaporación, (kJ/kg).

$Q_c$ : calor suministrado al sistema en el generador, (kJ/kg).

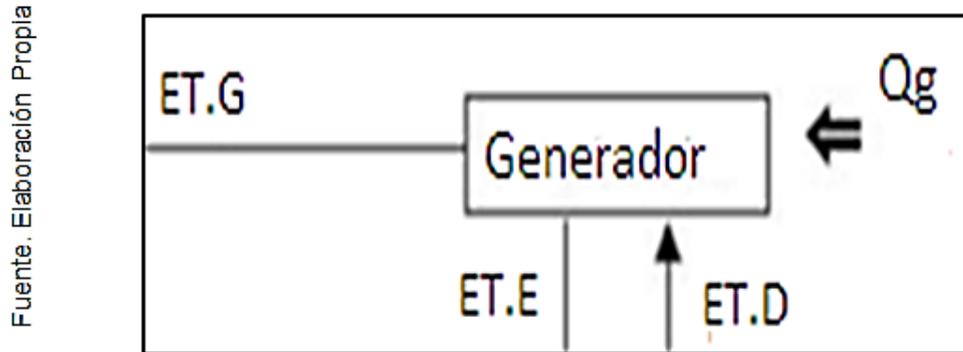
$Q_a$ : calor cedido al condensador, (kJ/kg).

$Q_g$ : calor cedido al absorbedor, (kJ/kg).

$W_b$ : trabajo realizado por la bomba sobre el sistema, (kJ/kg).

### 3.3.3. Balance de Energía en el Generador

Figura 12



Balance de energía y masa en equipo generador

Ecuación del Balance energético:

$$mG \cdot hG + mE \cdot hE = mD \cdot hD + Qg$$

Dónde:

mG: Masa que sale del equipo generador al equipo condensador (en Kg/s)

hG: Entalpía del fluido que sale de equipo generador al equipo condensador (en KJ/Kg)

mE: Masa que sale del equipo generador al intercambiador de calor. (en Kg/s)

hE: Entalpía del fluido que sale de equipo generador al intercambiador de calor. (en KJ/Kg)

mD: Masa que ingresa al equipo generador del intercambiador de (en Kg/s)

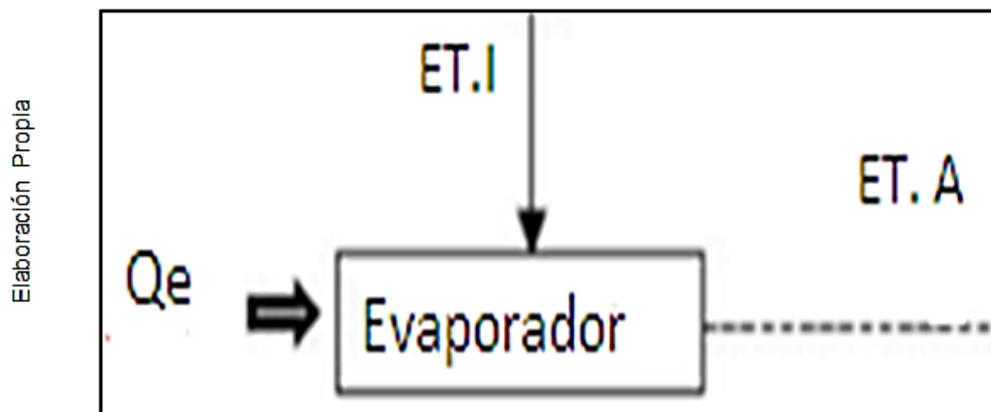
hD: Entalpía del fluido que ingresa al equipo generador del intercambiador de calor (en KJ/Kg)

$Q_g$ : Calor que ingresa al equipo generador, proveniente de la energía solar.  
(en KW).

### 3.3.4. Balances de energía y materia en el evaporador.

Las cabinas de las excavadoras a climatizar a una temperatura de 17 grados centígrados, necesita una capacidad frigorífica de 0,5 Toneladas de refrigeración que son equivalentes a 1,76 Kw de Refrigeración, y ésta es la cantidad de energía que debe absorber el evaporador del interior de la cabina, para mantener éstas condiciones.

Figura 13



Balance de masa y energía en equipo evaporador.

De la figura:

El balance de energía es:

$$Q_e = m_A \cdot h_A - m_I \cdot h_I$$

Dónde:

$Q_e$ : Calor que ingresa al equipo evaporador (en KJ)

$m_A$ : Masa del fluido que sale del evaporador hacia el absorbedor (en Kg/s)

$h_A$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado A, (en KJ/Kg).

$m_I$ : Masa del fluido que ingresa al evaporador del condensador (en Kg/s)

$h_I$ : Entalpía del fluido a las condiciones de estado I, (en KJ/Kg).

Despejando, del balance de energía, obtenemos:

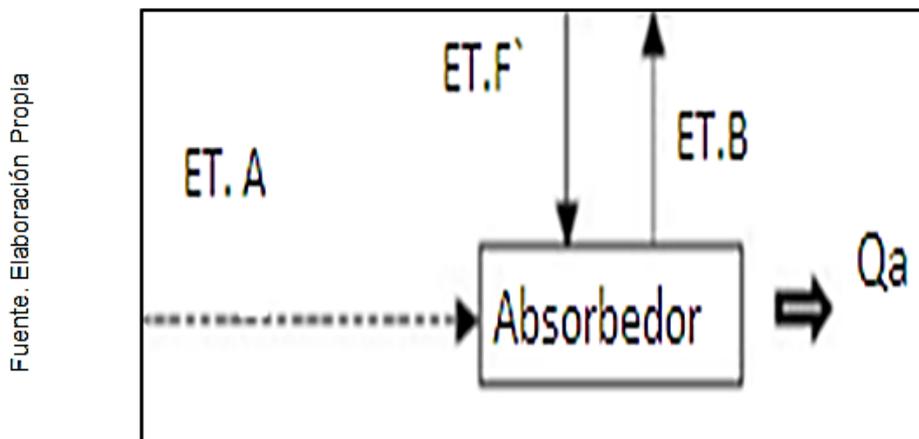
$$m_A = \frac{Q_e}{h_A - h_I}$$

Reemplazando valores obtenemos una masa A de 5, 26 Kg/h.

### 3.3.5. Determinación de Flujos de Masa

Se determina realizando un balance de masa y energía en el absorbedor del ciclo de refrigeración por absorción:

Figura 14



Balance de Masa y Energía en el absorbedor

Dónde:

Qa: Calor que sale del equipo absorbedor (en KJ)

mA: Masa del fluido que ingresa al absorbedor del evaporador (en Kg/s)

hA: Entalpía del fluido a las condiciones de estado A, (en KJ/Kg).

mB: Masa del fluido que sale del absorbedor hacia el intercambiador de calor (en Kg/s)

hI: Entalpía del fluido a las condiciones de estado B, (en KJ/Kg).

mF` : Masa del fluido que ingresa al absorbedor desde el intercambiador de calor (en Kg/s)

hF` : Entalpía del fluido a las condiciones de estado F, (en KJ/Kg).

*Así mismo, haciendo un balance de masa en el absorbedor, se tiene:*

$$mA + mF` = mB$$

*Dónde:*

mB: Masa del fluido que sale del absorbedor hacia el intercambiador de calor (en Kg/s).

mF` : Masa del fluido que ingresa al absorbedor desde el intercambiador de calor (en Kg/s).

mA: Masa del fluido que ingresa al absorbedor del evaporador (en Kg/s)

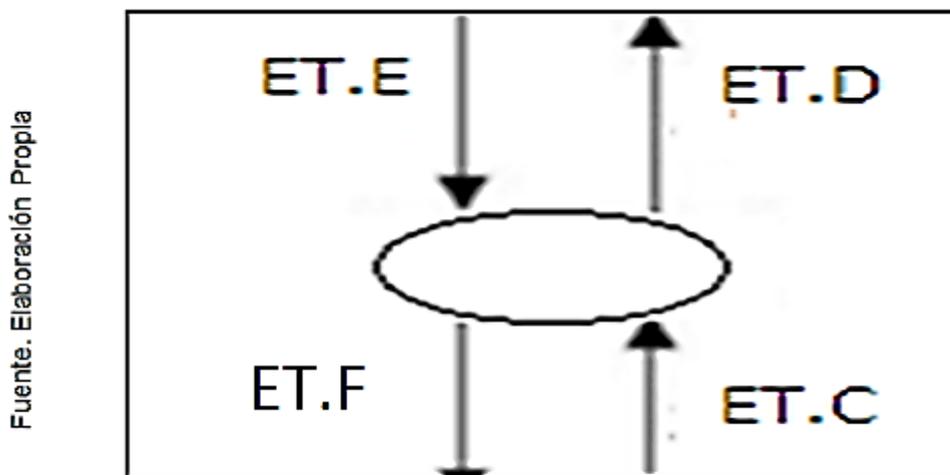
Para resolver la ecuación anterior es necesario conocer la masa B, la cual se obtiene si se realiza un balance masa – concentración, en el equipo absorbedor.

$$m_A \cdot x_1 + m_F \cdot x_F = m_B \cdot x_B$$

Donde  $x_1 = 0.995$  y  $x_F = 0.18$ , son los niveles de concentración del amoníaco y el agua.

Reemplazando los valores, se obtiene que la  $m_B = 0.069 \text{ Kg/s}$ , para luego obtener que la  $m_F = 246 \text{ kg/s}$ .

Figura 15



Balance de masa y energía en equipo intercambiador de calor

Realizando un balance de masa en el intercambiador de calor del sistema, se tiene:

$$m_C + m_E = m_D + m_F$$

Luego, para resolver la ecuación anterior se realiza un balance de masa – entalpía en el intercambiador de calor, obteniendo las siguientes expresiones:

$$mE \cdot hE = mD \cdot hD + mF \cdot hF - mC \cdot hC$$

Despejando las ecuaciones y reemplazando variables y valores, obtenemos que la entalpía en el estado termodinámico D, es:

$$hD = 290.7 \text{ KJ/Kg.}$$

### **3.3.6. Balance de masa en el equipo generador.**

$$mD = mE + MF'$$

Resolviendo la ecuación, transformando unidades e insertando valores, se tiene:

$$MF' = 5,26 \text{ Kg/h}$$

### **3.3.7. Cantidad de Calor ganado y cedido en los equipos.**

#### **3.3.7.1. Cálculo de calor ganado en el evaporador.**

$$mI \cdot hAI + Qe = mA \cdot hA$$

Reemplazando valores previamente obtenidos, obtenemos que el calor que recibe el equipo evaporador será de 1.76 KJ/Seg.

### 3.3.7.2. Cálculo del calor cedido en el absorbedor.

$$m_A \cdot h_A + m_F \cdot h_F = m_B \cdot h_B + Q_a$$

Reemplazando valores previamente obtenidos, obtenemos que el calor que cede el equipo absorbedor será de 3.56 KJ/Seg.

### 3.3.7.3. Calor ganado en el equipo generador.

$$Q_g = m_{F'} \cdot h_{F'} + m_E \cdot h_E - m_D \cdot h_D$$

Reemplazando valores previamente obtenidos, obtenemos que el calor que gana el equipo generador será de 3.80 KJ/Seg.

Determinación del calor cedido por el condensador.

$$Q_c = m_G \cdot h_G - m_H \cdot h_H$$

Los flujos de las masas G y H son los mismos, por lo tanto, reemplazando valores, el calor cedido por el condensador es de 1.88 KJ/Seg.

Finalmente, aplicando la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado:

$$Q - W = \Delta U + \Delta ECIN + \Delta EPOT$$

Donde:

Q: Calor en el sistema cerrado, en KJ/s.

W: Trabajo realizado por el sistema.

$\Delta U$ : Cambio de la energía interna de la sustancia de trabajo en KJ/s.

$\Delta ECIN$ : Cambio de la energía cinética de la sustancia de trabajo en KJ/s.

$\Delta EPOT$ : Cambio de la energía potencial de la sustancia de trabajo en KJ/s.

Las variaciones de energía cinética y potencial, en el recorrido que realiza el fluido son de valores pequeños comparados a los cambios de la energía interna al cambiar los estados termodinámicos, por lo tanto no se consideran para efectos de cálculo.

El coeficiente de performance que es una medida de la eficiencia del sistema de refrigeración, se utiliza para verificar que tan eficiente es el sistema propuesto, y es la relación entre el calor del equipo evaporador y el calor del generador, y si reemplazamos dichos valores tenemos una medida de 0.43.

Tabla 7

ESTADOS TERMODINAMICOS DEL CICLO DE REFRIGERACION POR ABSORCION										
	ET. A	ET. B	ET. C	ET. D	ET. E	ET. F	ET. F'	ET. G	ET. H	ET. I
Temperatura °C	5	30	30	78	84	34	34	72	30	5
Concentración de amoníaco %	99.5	20	20	20	18.3	18.4	18.5	99.5	99.5	99.5
Presión Kpa	49	49	1175	1175	1175	49	49	1175	1175	49
Entalpía Específica KJ/Kg	1657	52	52	290	314	69	69	1756	471	471
Flujo Másico Kq/s x10 <sup>-3</sup>	1.46	69.8	69.8	69.8	68	68	68	1.46	1.46	1.46

Fuente: Elaboración Propia

Parámetros de los Estados Termodinámicos del ciclo por absorción.

### **3.3.8. Diseño de los equipos por Transferencia de calor.**

#### **3.3.8.1. Evaporador del Sistema de Absorción.**

El evaporador es el elementos del ciclo de refrigeración por absorción que recibe el calor de la cabina de la excavadora, y de esa manera climatiza el ambiente a una temperatura de 17 grados centígrados, con una humedad relativa del 60%

El diseño del evaporador, se hace como un intercambiador de calor de contacto indirecto, conocido como intercambiador de casco y tubos, y es ahí donde se produce el intercambio de calor mayormente por convección, dicho calor que es extraído de la cabina, es por el calor expedido por las personas, como también por el calor que llega a la cabina por radiación del motor y otras cargas térmicas, por decir de instrumentos electrónicos en la cabina de la excavadora.

El amoniaco es la sustancia que circula entre el lado de los tubos y el casco, y es ahí donde se produce el intercambio de calor bajo la forma de convección en su mayoría. El flujo másico del refrigerante se regula por medio de una válvula mecánica automática tipo flotador, para garantizar un volumen constante de refrigerante en el evaporador.

La temperatura de cambio de fase líquido a vapor debe ser superior al punto de congelación del agua, así mismo se recomienda que la velocidad del fluido debe ser lenta, es decir menor a los 2m/s, y de esa manera prevenir fallas por caídas de presión como también los altos índices de

corrosión de los materiales que están fabricados los tubos y el casco, que normalmente es de acero liso inoxidable.

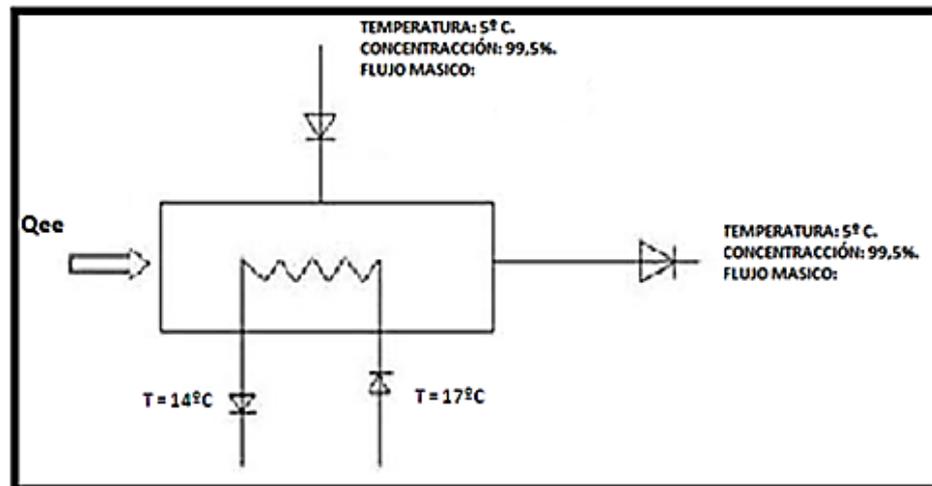
La metodología que se utilizó para la determinación de las dimensiones es:

1. Análisis térmico del evaporador.
2. Selección de las dimensiones del evaporador.
3. Determinación de la temperatura media logarítmica.
4. Transferencia de calor en el evaporador.
5. Comprobación térmica para evaporador seleccionado.

Mediante éste algoritmo, se realiza el diseño del evaporador, que garantizará la climatización del ambiente del laboratorio.

### 1. Análisis térmico del evaporador.

Figura 16



Fuente. Elaboración Propia

Análisis térmico del evaporador.

## 2. Selección de las dimensiones del evaporador.

Seleccionamos una tubería de acero al 0,5% al carbono, que es el que normalmente se utiliza en éste tipo de instalaciones, con las siguientes dimensiones de acuerdo al manual de fabricante de tuberías.

Para el diseño del evaporador se utilizara una tubería de acero al 0.5 de carbono, con las siguientes características.

Fuente. Fabricante de tubería  
ASTM

Tabla 8

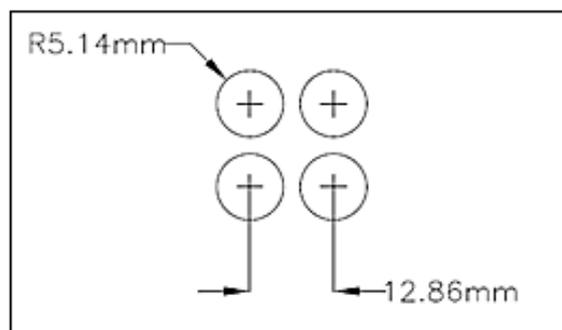
Tipo	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior
Acero ASTM 106 cedula numero 40	8 Pulgadas	405 Pulgadas	268 Pulgadas

Manual de fabricante de tuberías.

Así mismo, se selecciona la siguiente configuración del evaporador de casco y tubos:

Figura 17

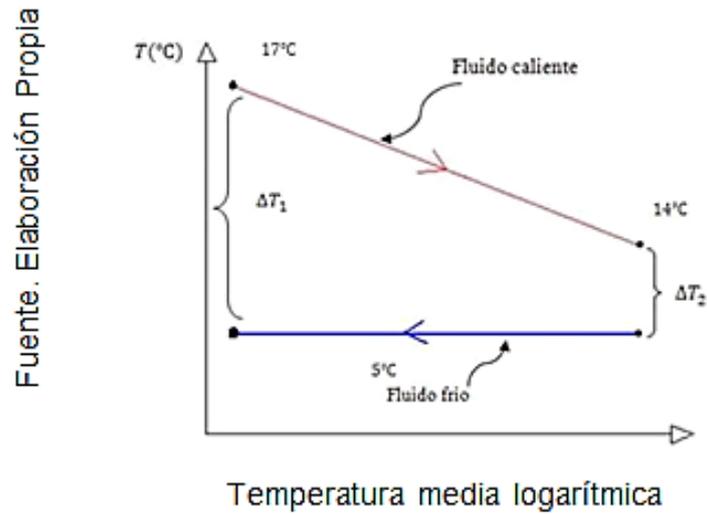
Fuente. Elaboración Propia



Configuración del evaporador de casco y tubos

### 3. Determinación de la temperatura media logarítmica.

Figura 18



Temperatura de Ingreso del agua de enfriamiento:  $17^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura de Salida del agua de enfriamiento:  $14^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura promedio del agua es:

$$T_{prom} = \frac{T_{sal} + T_{ent}}{2}$$

Reemplazando valores,  $T_{prom} = 15,5^{\circ}\text{C}$ .

Luego, la expresión que determina la temperatura media logarítmica, se obtiene:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}}$$

$$\Delta T_m = \frac{17 - 5 - 14 - 5}{\ln \frac{17 - 5}{14 - 5}} = 10.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 4. Transferencia de calor en el evaporador.

Para la determinación del flujo de calor, se evalúa en:

a) La resistencia térmica del acero por conductividad. ( $R_{ac}$ )

$$R_{ac} = \frac{\ln r_e/r_i}{2\pi k_{ac}}$$

Dónde:

re: Radio exterior (m)

ri: Radio interior (m)

Kac: Conductividad térmica del acero (Watt/m °C)

b) La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. ( $R_i$ )

$$R_i = \frac{1}{hiA_i}$$

Donde:

hi: coeficiente de convección para la evaporación en el exterior de la tubería (W/m<sup>2</sup> °C)

Ai: Área Lateral total de los tubos. (m<sup>2</sup>)

c) La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)

$$Re = \frac{1}{heAe}$$

Dónde:

he: coeficiente de convección para la evaporación en el exterior de la tubería (W/m<sup>2</sup> °C)

Ae: Área Lateral externa total de los tubos. (m<sup>2</sup>)

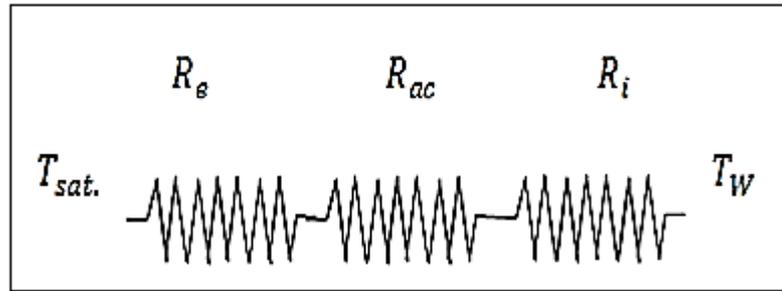
Reemplazando los valores de acuerdo a lo que se muestra en el diagrama térmico, al material y las dimensiones de la tubería, las tablas termodinámicas del agua y del amoniaco, se obtiene los siguientes resultados:

Rac	1,2x10 <sup>(-3)</sup> °C/W
Ri	20,78x10 <sup>(-3)</sup> °C/W
Re	4,67 <sup>10(-3)</sup> °C/W

Luego, en función al siguiente modelo, se determina el flujo de calor:

Figura 19

Fuente: Autoría Propia



Modelo del flujo de transferencia de calor

Este modelo, se resuelve numéricamente:

$$\frac{(T_e - T_{sat})}{R_e} = \frac{(T_i - T_e)}{R_{ac}} = \frac{(T_w - T_i)}{R_i}$$

Finalmente, se determina el coeficiente global de transferencia de calor, con la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\pi A(R_e + R_{ac} + R_i)}$$

Donde:

$R_e$ : resistencia térmica para la superficie exterior por convección °C/W

$R_i$ : resistencia térmica en el interior de la tubería por convección °C/W

$R_{ac}$ : resistencia térmica del acero por conductividad °C/W

$A$ : Area de transferencia de calor m<sup>2</sup>.

Reemplazando valores, obtenemos que el coeficiente global de transferencia de calor es de 1380 W/m<sup>2</sup> °C

## 5. Comprobación térmica para evaporador seleccionado.

Para determinar el área de intercambio de calor, se tiene.

$$A = \frac{Q_{ee}}{U \cdot \Delta T_m}$$

Donde:

A: Área total de transferencia de calor (m<sup>2</sup>).

U: Coeficiente global de transferencia de calor (W/m<sup>2</sup> °C).

$\Delta T_m$ : Temperatura media logarítmica (°C).

A = 0,156m<sup>2</sup>

Utilizando la expresión de la primera ley de la termodinámica, considerando procesos a presión constante, para determinar el flujo del agua de enfriamiento:

$$Q_{ee} = m_i \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Donde:

Q<sub>ee</sub>: Potencia frigorífica en laboratorio (Watt)

M<sub>i</sub>: Flujo de agua de enfriamiento.

C<sub>p</sub>: Calor específico a presión constante.

$\Delta T$ : Diferencia de Temperatura.

Reemplazando valores, obtenemos que el flujo del agua de enfriamiento es de 0,14 Kg/s.

Con el valor del flujo del agua de enfriamiento, obtenemos las dimensiones de la tubería, considerando los valores de densidad y espesor de la tubería:

$$At = \frac{mi}{\rho \cdot v}$$

Dónde:

At: Area Total de las tuberías (m<sup>2</sup>).

$\rho$ : Densidad del agua de enfriamiento (Kg/m<sup>3</sup>)

v: Volumen del agua de enfriamiento (m<sup>3</sup>)

Reemplazando valores, obtenemos At=2,86x10<sup>(-3)</sup> m<sup>2</sup>

Y, para calcular el número de tubos, mediante la expresión:

$$At = \frac{N \cdot \pi di^2}{4}$$

Donde:

At: Area Total de las tuberías (m<sup>2</sup>).

di: Diámetro interior (m).

N Número de tubos.

Despejando de la fórmula, obtenemos que el número de tubos es de aproximadamente 8

Además, se determina la longitud de cada tubo:

$$L_t = \frac{A_t}{N \cdot \pi \cdot d_e}$$

*Dónde:*

$A_t$ : Área Total de las tuberías (m<sup>2</sup>).

$d_e$ : Diámetro exterior (m).

$N$  Número de tubos.

### **3.3.8.2. Diseño del absorbedor Sistema de Absorción.**

Los dispositivos que se diseñaron son análogos, por tratarse de intercambiadores de calor, por casco y tubos, por lo cual se ha utilizado el mismo algoritmo que para el diseño del evaporador; en el siguiente cuadro, se muestran los resultados de los parámetros y dimensiones del absorbedor.

Tabla 9

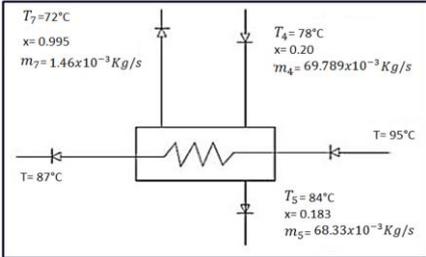
Ítems	Valor
Diagrama Térmico	
Acero ASTM 106 cedula numero 40	<p>Diám. Nom. 1/8 Pulgadas.                  Diám. Ext. 0.405 Pulgadas                  Diám. Int. 0,268 Pulgadas</p>
La resistencia térmica del acero por conductividad. (Rac)	<p><math>1,20 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}</math></p>
La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. (Ri)	<p><math>15,96 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}</math></p>
La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)	<p><math>8,38 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}</math></p>
Coeficiente global de transferencia de calor (U)	<p><math>1212 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2</math></p>
Área de intercambio de calor (At)	<p><math>3,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2</math></p>
Número de tubos (N)	<p>10</p>
Longitud de los tubos (L)	<p>1,20m</p>
Configuración de los Tubos.	

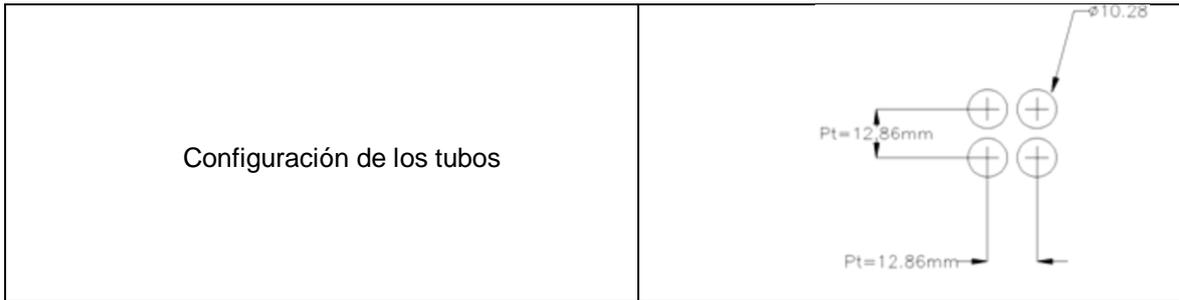
*Características del absorbedor del ciclo de refrigeración*

### 3.3.8.3. Diseño del Generador del Sistema de Absorción.

Los dispositivos que se diseñaron son análogos, por tratarse de intercambiadores de calor, por casco y tubos, por lo cual se ha utilizado el mismo algoritmo que para el diseño del evaporador; en el siguiente cuadro, se muestran los resultados de los parámetros y dimensiones del Generador.

Tabla 10

Ítems	Valor
Diagrama Térmico	
Acero ASTM 106 cedula numero 40	<p>Diám Nom. 1/8 Pulgadas.          Diám. Ext. 0.405 Pulgadas          Diám. Int. 0,268 Pulgadas</p>
La resistencia térmica del acero por conductividad. (Rac)	1,24*10 <sup>(-3)</sup> °C/W
La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. (Ri)	0,016*10 <sup>(-3)</sup> °C/W
La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)	1,66*10 <sup>(-3)</sup> °C/W
Coeficiente global de transferencia de calor (U)	1638 W/°C.m <sup>2</sup>
Área de intercambio de calor (At)	0,20m <sup>2</sup>
Número de tubos (N)	12
Longitud de los tubos (L)	0,51m



*Características del generador del ciclo de refrigeración*

### 3.3.8.4. Diseño del Condensador del Sistema de Absorción.

Los dispositivos que se diseñaron son análogos, por tratarse de intercambiadores de calor, por casco y tubos, por lo cual se ha utilizado el mismo algoritmo que para el diseño del evaporador; en el siguiente cuadro, se muestran los resultados de los parámetros y dimensiones del Condensador.

Tabla 11

Ítems	Valor
Diagrama Térmico	
Acero ASTM 106 cedula numero 40	Diám Nom. 1/8 Pulgadas. Diám. Ext. 0.405 Pulgadas Diám. Int. 0,268 Pulgadas
La resistencia térmica del acero por Conductividad. (Rac)	$1,20 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}$

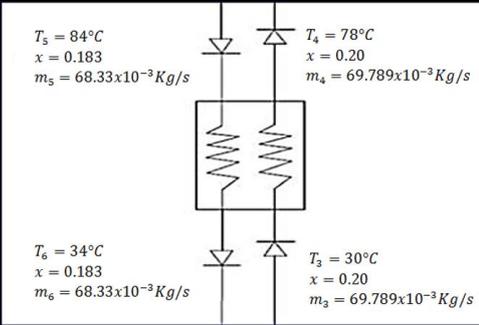
La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. (Ri)	$17,49 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}$
La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)	$4,57 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C/W}$
Coefficiente global de transferencia de calor (U)	$1616 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$
Área de intercambio de calor (At)	$15,25 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
Número de tubos (N)	4
Longitud de los tubos (L)	0,51m
Configuración de los tubos	<p>Diagrama de configuración de tubos: cuatro tubos dispuestos en una cuadrícula 2x2. El diámetro de cada tubo es de <math>\phi 10.28</math>. El espaciado entre los tubos en la fila superior es de <math>12.86</math>. Hay flechas que indican la dirección de flujo en los tubos de la fila inferior.</p>

*Características del condensador del ciclo de refrigeración*

### 3.3.8.5. Diseño del Intercambiador de calor del Sistema de Absorción.

Los dispositivos que se diseñaron son análogos, por tratarse de intercambiadores de calor, por casco y tubos, por lo cual se ha utilizado el mismo algoritmo que para el diseño del evaporador; en el siguiente cuadro, se muestran los resultados de los parámetros y dimensiones del Intercambiador de calor.

Tabla 12

Ítems	Valor
Diagrama Térmico	
Acero ASTM 106 cedula numero 40	<p>Diám Nom. 1/8 Pulgadas. Diám. Ext. 0.405 Pulgadas Diám. Int. 0,268 Pulgadas</p>
La resistencia térmica del acero por conductividad. (Rac)	<p><math>1,20 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C/W}</math></p>
La resistencia térmica en el interior de la tubería por Convección. (Ri)	<p><math>0,0123 \text{ } ^\circ\text{C/W}</math></p>

La resistencia térmica para la superficie exterior por convección. (Re)	$5,44 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C/W}$
Coeficiente global de transferencia de calor (U)	$1640 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$
Área de intercambio de calor (At)	$1,54 \text{ m}^2$
Número de tubos (N)	14
Longitud de los tubos (L)	0,65m

*Características del Intercambiador de calor del ciclo de refrigeración*

### **3.4. Evaluación Económica y Financiera**

Para la evaluación económica del proyecto de investigación, se ha realizado utilizando los indicadores económicos como son la tasa interna de retorno, el valor actual neto, y la relación beneficio – costo; éstos indicadores tienen una variable en común que es el tiempo de recuperación del capital, que en el caso del sistema de aires acondicionado en las cabinas de las excavadoras, se ha estimado en 03 años, es decir una inversión a mediano plazo.

#### **3.4.1. Inversión Inicial del Proyecto.**

La propuesta de diseño del sistema de aire acondicionado, tiene una inversión inicial que es igual a los costos de todos los equipos y elementos que forman parte del sistema, así como también los gastos de instalación; esto se detalla en el cuadro de costos de los equipos

Tabla 13

Items		Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total(S/.)
Equipos	Absorbedor	Equipo	1	2100	2100
	Colector solar	Equipo	1	2300	2300
	Generador	Equipo	1	3200	3200
	Condensador	Equipo	1	900	900
	Evaporador	Equipo	1	2300	2300
	Válvula de Expansión	Equipo	1	300	300
	Intercambiador de calor	Equipo	1	900	900
	Amoniaco	Kg	0,5	120	60
Material de Ferretería		Varios	1	300	300
Instalación		Unidad	1	1500	1500
Total					13860

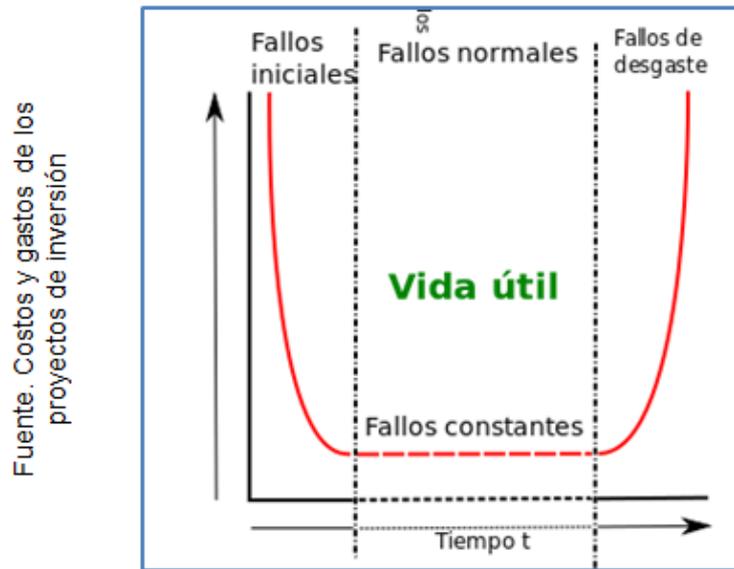
Fuente: Autoría Propia

Inversión Inicial del Proyecto.

### Costos por Mantenimiento.

El sistema en mención, desde su instalación requiere constante mantenimiento al inicio, de acuerdo al gráfico de costos de mantenimiento, denominado “curva de la bañera”, donde en un inicio los costos de mantenimiento son elevados, sin embargo a medida que se tiene conocimiento del funcionamiento del sistema, dichos costos disminuyen, y nuevamente cuando los equipos sufren envejecimiento natural, los costos de mantenimiento tienen tendencia al alta.

Figura 20



Curva de la bañera de costos de mantenimiento

Para el caso del proyecto, se estima que en el primer año el costo de mantenimiento es el 3% de la inversión inicial, en el segundo año al tener mayor conocimiento del funcionamiento del sistema, el costo de mantenimiento será el 1% de la inversión inicial, y en el tercer año, el costo de mantenimiento será el 2%.

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

El proyecto si lograrse ejecutarse, se estima que tendrá tres beneficios, que son:

- a) Mejor predisposición del operador a ejecutar su labor, debido a un clima agradable dentro de la cabina de la excavadora; ésta situación está dentro de lo regulado por las norma de seguridad y salud ocupacional; por lo tanto la eficiencia del operador se incrementa en un 5%, es decir la productividad por operar la excavadora será mayor, realizando ésta mayor producción y que se mide el horas – máquina.

Se cuantifica de la siguiente manera:

La hora máquina de la excavadora es de 240 Nuevos Soles por hora, para tener una producción de excavación normal, sin embargo al tener el operador confort en la cabina, la producción será 5% mayor, por lo cual el costo de la hora maquina será de  $240 + 12 = 252$  Nuevos Soles por hora máquina, es decir un incremento de 12 Nuevos Soles por hora.

Esta cuantificación se completa, si se analiza que se tiene un ritmo de funcionamiento de 18 días al mes y 6 horas de operación diaria, y 9 meses de operación al año, se tendrá un ingreso adicional de  $18 \cdot 6 \cdot 12 = 1296$  Nuevos Soles Mensuales, equivalentes a 11664 Nuevos Soles anuales. Si de éste valor, se considera un incremento por honorarios al operador, de un 2%; el incremento de ingresos netos anuales sería de 6998,4 Nuevos Soles.

- b) No utilización de combustible en un 20% más, si se utilizara la energía de éste, para el accionamiento del aire acondicionado; por lo cual la cuantificación es de 20% por cada galón de combustible utilizado, durante las horas de funcionamiento de la excavadora.

La cuantificación de los ingresos por ahorro en combustible, por cada 100 galones se ahorran, 20 galones. El precio promedio de cada galón de combustible es de 10 Nuevos soles, se tiene un ahorro de 200 Nuevos Soles por cada 100 Galones de Petróleo utilizado.

El ahorro por combustible mensual es de 1900 Nuevos Soles, con un ahorro anual de 17100 Nuevos Soles Anuales.

- c) Si se realizara la propuesta del diseño, se dejaría de emitir en la misma proporción del ahorro de combustible, las toneladas de Dióxido de carbono hacia el medio ambiente.

La cuantificación total será igual a la suma de los ítem a y b, el cual representa  $6998,4 + 17100 = 24098,4$  Nuevos Soles Anuales.

### 3.4.3. Flujo de Caja del Proyecto.

Tabla 14

Año		0	1	2	3
Fuente: Autoría Propia	Ingresos (S/.)		24098,4	24098,4	24098,4
	Egresos				
	Inversión Inicial (S/.)	13860			
	Costo de Mantenimiento (S/.)		3742,2	1247,4	2494,8

Ingresos y egresos del proyecto propuesto.

La inversión inicial de 13860 Nuevos Soles, es producto de un préstamo bancario, que tiene un interés anual de 20%, por lo tanto las cuotas de amortización para la entidad bancaria, se determina, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{INV [i * (1 + i)^n]}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

R: Amortización del capital.

INV: Inversión Inicial.

i: Tasa de Interés.

n: Número de años

Reemplazando valores:

$$R = \frac{13860 [0,2 * (1+0,2)^3]}{(1+0,2)^3 - 1} = 6579,69 \text{ Nuevos Soles.}$$

Este valor de 6579,69 Nuevos Soles, representa un egreso para el proyecto; en la tabla N° 15 se muestra el flujo de caja del proyecto, en el cual se tiene en cuenta éste egreso.

Tabla 15

Fuente: Autoría Propia

Año		0	1	2	3
Ingresos (S/.)			24098,4	24098,4	24098,4
Egresos	Inversión Inicial (S/.)	13860			
	Amortización de la Inversión (S/.)		6579,69	6579,69	6579,69
	Costo de Mantenimiento (S/.)		3742,2	1247,4	2494,8

Flujo de caja del Proyecto

### 3.4.4 Cálculo de las variables económicas.

#### Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos mensuales, llevándolos al año cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 4% mensual.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

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

Dónde:

Ia: Ingresos actualizados año 0.

Ra: Ingresos Anuales. 24098,4 Nuevos Soles.

i. Tasa de Interés: 20% anual

n: Número de años: 3

Reemplazando valores obtenemos: 34701,69 / 0,3456

Ia: 100409,98 Nuevos Soles

Los costos por mantenimiento actualizados al año cero se determinan:

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

Dónde:

la: Costos actualizados al años 0

Rc: Costos anuales de mantenimiento

ii. Tasa de Interés: 20% anual

n: Número de años 4

Reemplazando valores, obtenemos que los costos actualizados al año cero es 27412,5 Nuevos Soles. El valor actualizado neto del proyecto se determina sumandos los ingresos actualizados netos menos los costos actualizados más la inversión realizada, es decir  $100409,98 - 27412,5 = 72997,48$  Nuevos Soles.

### **Tasa Interna de Retorno**

Para calcular la tasa interno de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados más los costos actualizados, con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

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

Donde:

Inv: Inversión Inicial 13860 Nuevos Soles.

Rd: Ingresos - costos =  $24098,4 - 3742,2 = 20356,2$  Nuevos Soles.

n: Número de años 3

TIR: Tasa Interna de Retorno

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 136% anual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila entre el 20 y 30 % anual.

### **Relación Beneficio Costo**

La relación beneficio / costo es de:

$$\frac{(24098.4 - 3742.2)}{13860} = 1,46$$

Este valor hace viable la ejecución de la propuesta de la instalación de un sistema de aire acondicionado por absorción utilizando energía solar.

## **IV. DISCUSIÓN**

**DIMENSIÓN 01:** Proceso de Refrigeración por absorción.

**INDICADOR 01.01:** Capacidad frigorífica.

**INDICADOR 01.02:** Radiación Solar

**INDICADOR 01.03:** Dimensionamiento de cañerías

**INDICADOR 01.04:** Flujo másico.

### **Síntesis del Resultado:**

Los resultados que se obtuvieron que son básicamente los flujos de agua y amoníaco dentro del proceso de refrigeración por absorción, los cuales determinaron las dimensiones de los elementos que realizan los cambios de estados termodinámicos, así como también los cambios de fase.

### **Absorbedor**

El absorbedor del sistema de refrigeración se ubica en la parte externa de la cabina de la excavadora, en la parte posterior, en el cual queda en un lugar no visible, debido a que será cubierta metálica del mismo color que la pintura de la cabina; según el diagrama del balance térmico de éste equipo.

### **Condensador.**

El condensador del sistema de refrigeración se ubica en la parte externa de la cabina de la excavadora, en la parte posterior, en el cual queda en un lugar no visible, debido a que será cubierta metálica del mismo color que la pintura de la cabina; según el diagrama del balance térmico de éste equipo, es el dispositivo que intercambia calor con el medio ambiente para lograr cambiar las fases del agua y amoníaco.

## Evaporador

El evaporador del sistema, es aquel que da el efecto frigorífico, y para éste proyecto la capacidad frigorífica es de 0,5 tonelada de refrigeración, que logra climatizar la cabina de la excavadora a un valor de temperatura de 17 grados, que es el clima propicio para desarrollar las actividades del operador de la excavadora.

El evaporador del sistema de refrigeración se ubica en la parte interna de la cabina de la excavadora, en la parte superior, por lo cual se diseñó un serpentín, que luego se recubrió con un material con baja resistencia térmica por convección, (fibra de vidrio).

## Causales

En los balances térmicos, que se realizaron en cada dispositivo de intercambio energético, se encontraron las variables de presión y temperatura de los fluidos de trabajo (amoniacaco – agua); sin embargo con un análisis exergético es posible analizar las irreversibilidades del sistema.

Figura 21

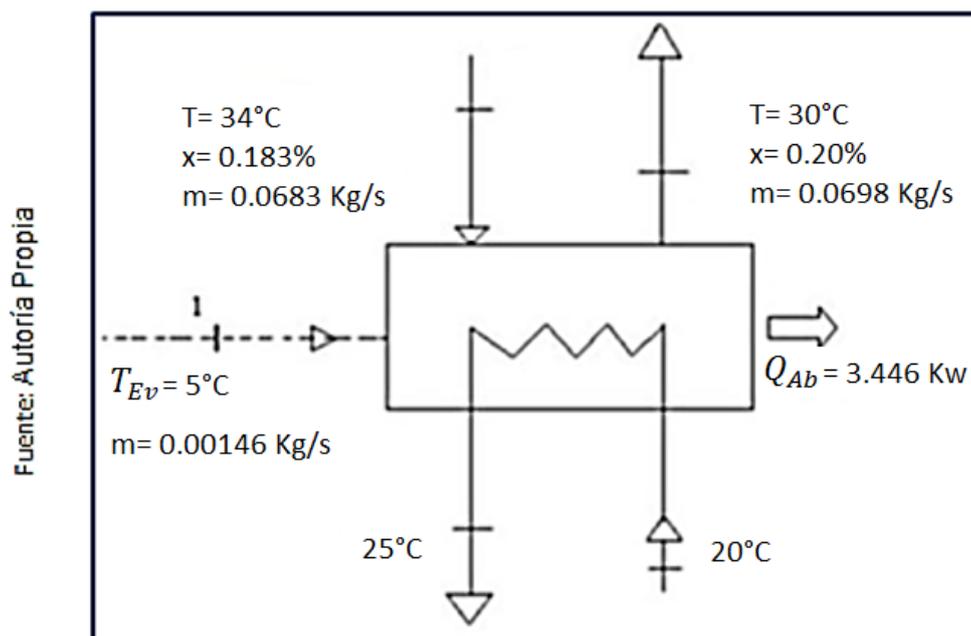
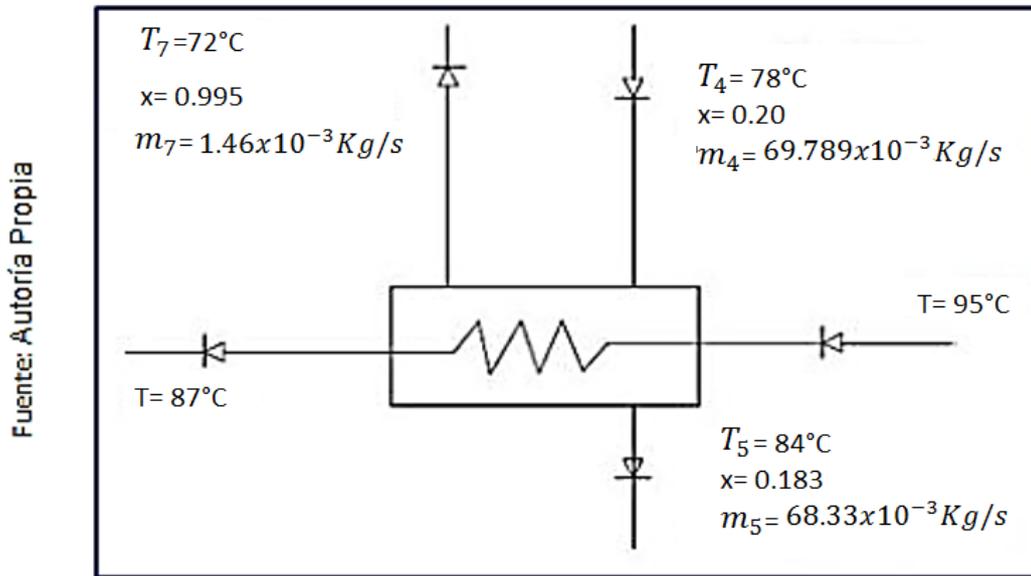
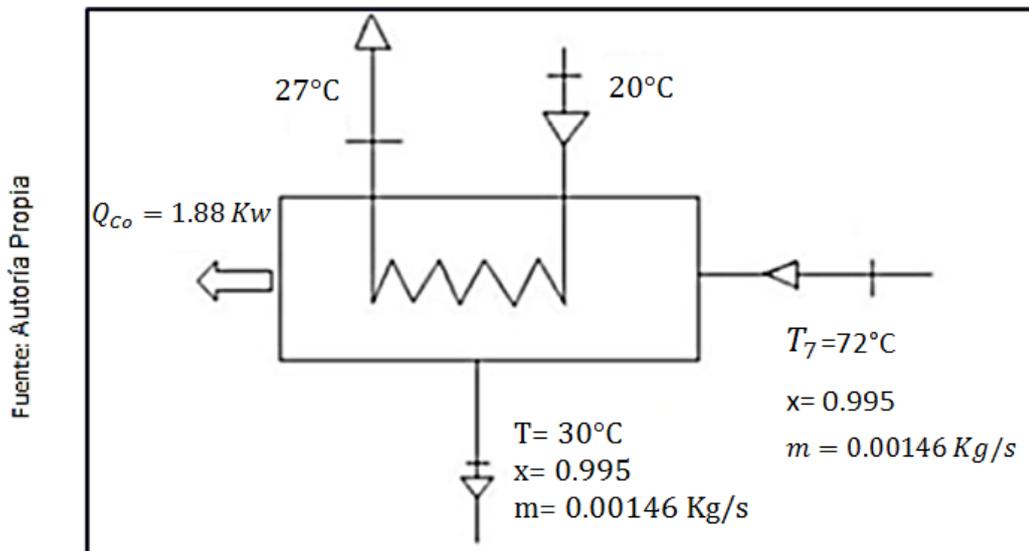


Figura 22



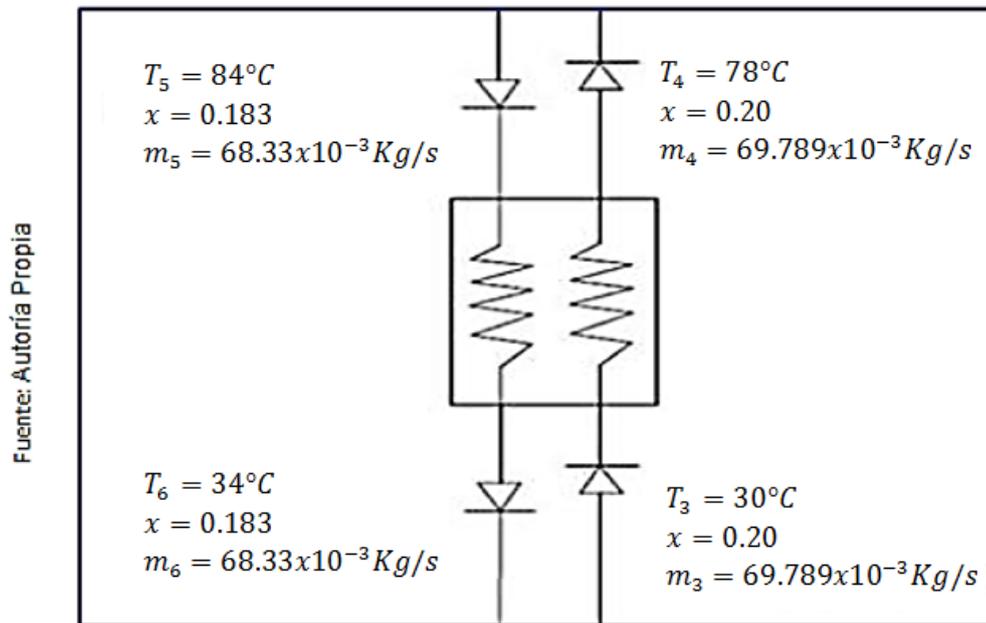
Balance Térmico de Generador

Figura 23



Balance Térmico de Condensador

Figura 24



Balance Térmico del Intercambiador de calor

### Consecuencias

Las variaciones de los niveles de radiación solar son muy sensibles a los efectos frigoríficos, por lo que a una pequeña variación de la radiación solar, la sensación térmica dentro de la excavadora disminuye; cuando el nivel de radiación solar se acerca a un valor de  $4 \text{ W-h/m}^2$ , no se logra climatizar la cabina de la excavadora, por lo cual en éstos sistemas no se logra almacenar la energía de alguna manera, el uso es de energía solar a energía calorífica directamente.

### Propuesta:

La propuesta del diseño, es viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, así mismo se logra climatizar la cabina de la excavadora a una temperatura de  $17^{\circ}C$ , humedad relativa del 75%, utilizando los  $5 \text{ W-h/m}^2$ , de la radiación solar, sin necesidad de utilizar energía del mismo motor, lo que haría que se incrementase el consumo de combustible; la propuesta de éste diseño, busca no alterar la estética de la cabina, tal como se detalla en el plano que se adjunta en el anexo. La propuesta además incentiva el uso de la energía renovable no convencional.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1. Se recopiló información de los niveles de radiación solar, utilizando un solarímetro, en el cual se verificó que los valores de radiación están alrededor de 5 W-h/m<sup>2</sup>, y se incrementa ese valor al mediodía, llegando a valores cercanos a 6 W-h/m<sup>2</sup>, por lo que sí existirá una factibilidad para el uso del colector solar del proceso de refrigeración por absorción.
- 5.2. Se determinó que los valores de confort dentro de la cabina de las excavadoras son de 17 grados centígrados, con una humedad promedio entre 70 y 80%, los cuales aumentarán el rendimiento de los operadores, en un 10%.
- 5.3. Se calcularon los elementos del sistema de refrigeración por absorción, siendo éstos el colector solar, el absorbedor, el evaporador, generador, el condensador, utilizando las leyes de la termodinámica y la transferencia de calor, con un diseño el cual no alterará la estética de la cabina de la excavadora.
- 5.4. La tasa interna de retorno del proyecto es de 136%, el valor actual neto es de 100409,98 Nuevos Soles, y la relación beneficio costo de 1,46; éstos indicadores muestran que existe una viabilidad económica para la ejecución del proyecto, que finalmente beneficiará a la empresa como también al operador, contribuyendo a la vez a disminuir las emisiones de gases de la combustión en caso se utilizara petróleo como combustible para accionar el aire acondicionado.

## **VI. RECOMENDACIONES**

6.1 Se recomienda que cuando se realice un análisis energético de los sistemas frigoríficos, se incluya el análisis exergético, que se sustenta en la segunda ley de la termodinámica.

6.2. El uso de la energía solar, también puede utilizarse para otros sistemas de las unidades vehiculares, en los cuales la potencia térmica tenga valores relativamente pequeños, en comparación a la potencia del motor de combustión interna.

6.3. El sistema de calefacción es el inverso a la de refrigeración, por lo que también podría utilizarse para climatizar la cabina de la excavadora, si las operaciones se realizaran en lugares donde la temperatura es inferior a la de la óptima.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### Bibliografía:

- ✓ ARENAS, Andrés. Energía Solar y sus Aplicaciones Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2011. 120 pp.
- ✓ BALLESTEROS. Guía específica de trabajo sobre combustibles para el Futuro, 2011. 45 pp.
- ✓ BEER. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática. México. 2007. 678 pp.
- ✓ FERNANDEZ. Compendio de Energía Solar. 2008. 35 pp.
- ✓ FRÍO VISCAYA. LA Refrigeración con Amoniaco. 2014. 15 pp.
- ✓ GARCIA, Javier. Cálculo de la Energía Solar. España, 2012. 67 pp.
- ✓ GONZALES, César. Propuesta de un sistema de refrigeración por absorción para la climatización del edificio administrativo de la termoeléctrica de Felton Instituto Superior Minero Metalúrgico, Cuba, 2014. 83 pp.
- ✓ HUARAPIL. Optimización de un sistema fotovoltaico de un vehículo con tracción eléctrica, Universidad de Chile, 2012. 121 pp.
- ✓ ICOGEN, Eficiencia Energética, España, 2010. 15 pp.
- ✓ LÓPEZ, S. Instrumentación y puesta a punto de un sistema de refrigeración solar por absorción intermitente, Universidad Veracruzana, México, 2011. 90 pp.
- ✓ MARCOS DEL CANO, Daniel. Tesis Doctoral: Prototipo de máquina frigorífica de absorción de LiBr/H<sub>2</sub>O de doble efecto condensada por aire. Universidad Carlos III de Madrid. España, 2008. 111 pp.
- ✓ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Plan Energético Nacional 2014-2015. Resumen Ejecutivo – 2014. 154 pp.
- ✓ OLADE. Organización Latinoamericana de Energía. Quito 2012. 12 pp.
- ✓ PASQUEVICH, Daniel. La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Argentina, 2016. 147 pp.
- ✓ REN 21. Reporte de la situación mundial de las energías renovables. Francia, 2015. 32 pp.

- ✓ RIOS. Una radiografía a la producción y consumo de petróleo en el Perú, 2011. 23 pp.
- ✓ SENAMHI. Reporte de Temperaturas en el Perú. 2016. 23 pp.
- ✓ VILLANUEVA. Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un Vehículo Eléctrico para la Carga de Batería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. 2009. 210 pp.
- ✓ YUNUS A. CENGEL, Termodinámica. 2011. 1041 pp.
- ✓ MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR 42. Consumo horario de combustible en excavadoras, publicación de CATERPILLAR Inc., Peoria, Illinois, Estados Unidos. 2012. 1400 pp.

## ANEXOS

### GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN SOLAR

**Tesis: Diseño de un Sistema que utiliza energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016.**

Fecha:	Octubre 2016
Nombre de la Persona que registra Información	OLIVER BUSTAMANTE ASALDE
Instrumento de Medición Utilizado	SOLARIMETRO DIGITAL
Fecha de calibración del Instrumento	2015

Día	Hora	Radiación Solar (En KWh/m2)				Temperatura (°C)				Humedad Relativa (%)			
		1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio	1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio	1º Lectura	2º Lectura	3º Lectura	Promedio
1 de Agosto	09.00-10.00	4,84	4,82	4,85	4,84	18	19,5	19,9	19,1	79,5	80	81	80,2
	10.00 - 11.00	4,9	4,83	4,81	4,85	18,7	18,6	18,9	18,7	78,6	78,8	79,1	78,8
	11.00 - 12.00	4,98	5,03	5	5,00	19,2	19,3	19,4	19,3	75,6	74,8	75,6	75,3
	12.00 - 13.00	5,06	5,08	5,1	5,08	19,3	19,2	19,1	19,2	72,5	73	73,4	73,0
	13.00 - 14.00	5,29	5,24	5,2	5,24	21,3	21,4	21,7	21,5	73,4	74	74,2	73,9
	14.00 - 15.00	5,14	5,1	5,11	5,12	20,3	21	20,9	20,7	71,5	73,2	73,2	72,6
	15.00 - 16.00	4,91	4,92	4,89	4,91	20,2	20,3	20,1	20,2	72,5	72,6	72,6	72,6
	16.00 - 17.00	4,79	4,71	4,76	4,75	19,3	18,9	19	19,1	76,5	77	76,9	76,8
6 de Agosto	09.00-10.00	4,82	4,82	4,87	4,84	17,3	17,3	17,5	17,4	79,6	80,3	79,9	79,9
	10.00 - 11.00	4,98	4,91	4,87	4,92	17,3	17,5	17,7	17,5	78,6	78,8	79,1	78,8
	11.00 - 12.00	5,05	5,1	5,09	5,08	18,3	18,4	18,4	18,4	75,6	74,8	75,6	75,3
	12.00 - 13.00	5,04	5,05	5,12	5,07	18,4	18,3	18,3	18,3	75,1	75,3	75,6	75,3
	13.00 - 14.00	5,31	5,32	5,25	5,29	19,2	19,1	19	19,1	77,5	77,4	77,3	77,4
	14.00 - 15.00	5,11	5,09	5,1	5,10	19,4	19,3	19,3	19,3	75,3	74,9	75,1	75,1
	15.00 - 16.00	4,99	4,97	4,96	4,97	18,4	18,6	18,9	18,6	73,4	74,1	73,9	73,8
	16.00 - 17.00	4,77	4,72	4,73	4,74	18,3	18,9	18,7	18,6	73,4	73,9	74,1	73,8
11 de Agosto	09.00-10.00	4,79	4,77	4,71	4,76	18	18,1	18,2	18,1	81,2	81,3	81,5	81,3
	10.00 - 11.00	4,91	4,9	4,88	4,90	17,9	17,8	18,1	17,9	82,1	81,9	81,8	81,9
	11.00 - 12.00	5	5,11	5,15	5,09	18,2	18,1	17,9	18,1	79,4	79,3	79,6	79,4
	12.00 - 13.00	5,13	5,01	5,07	5,07	19,2	19,1	19,4	19,2	76,7	76,8	76,9	76,8
	13.00 - 14.00	5,12	5,14	5,17	5,14	20,2	20,3	20,1	20,2	72,4	72,7	72,9	72,7
	14.00 - 15.00	5,09	5,08	5,12	5,10	20,2	20,3	20,5	20,3	73,4	74,1	74,1	73,9
	15.00 - 16.00	4,91	4,9	4,88	4,90	19,4	19,8	19,9	19,7	72,6	72,7	72,9	72,7
	16.00 - 17.00	4,66	4,65	4,69	4,67	18,3	18,4	18,9	18,5	72,9	72,9	73	72,9

16 de Agosto	09.00-10.00	4,78	4,77	4,72	4,76	17,3	17,4	17,6	17,4	82,1	81,9	81,3	81,8
	10.00 - 11.00	4,77	4,78	4,75	4,77	17,9	17,9	18,1	18,0	81,3	81,4	81,3	81,3
	11.00 - 12.00	4,91	4,92	4,93	4,92	18,1	18,3	18,2	18,2	80,9	80,8	80,7	80,8
	12.00 - 13.00	4,99	5,01	4,96	4,99	18,3	18,4	18,5	18,4	79,4	79,5	79,6	79,5
	13.00 - 14.00	5,02	5,04	5,03	5,03	19,1	19,2	19,3	19,2	78,5	78,7	78,9	78,7
	14.00 - 15.00	5,08	5,06	5,06	5,07	19,3	19,4	19,4	19,4	77,3	77,3	77,1	77,2
	15.00 - 16.00	4,89	4,82	4,85	4,85	19,3	19,4	19,5	19,4	73,5	73,6	73,7	73,6
	16.00 - 17.00	4,67	4,65	4,69	4,67	18,8	18,7	18,6	18,7	74,5	74,7	74,9	74,7
21 de Agosto	09.00-10.00	4,81	4,89	4,91	4,87	18,2	18,9	18,5	18,5	78,1	78,8	78,5	78,5
	10.00 - 11.00	4,99	5,02	5,03	5,01	19,1	19,3	19,3	19,2	77,6	77,5	77,8	77,6
	11.00 - 12.00	5,11	5,19	5,18	5,16	19,4	19,5	19,7	19,5	76,5	76,8	76,9	76,7
	12.00 - 13.00	5,34	5,37	5,39	5,37	19,9	19,9	20,3	20,0	76,1	75,9	75,8	75,9
	13.00 - 14.00	5,29	5,27	5,26	5,27	21,2	21,3	21,5	21,3	78,6	78,9	78,9	78,8
	14.00 - 15.00	5,13	5,14	5,18	5,15	21	21,1	21,1	21,1	76,7	76,9	77,1	76,9
	15.00 - 16.00	5,19	5,2	5,25	5,21	21,2	21,4	21,5	21,4	74,9	75,1	76	75,3
	16.00 - 17.00	5,03	5,01	4,99	5,01	20,9	20,8	20,7	20,8	73,9	74,1	74,4	74,1

TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016.

AUTOR: BUSTAMANTE ASALDE JHORDY OLIVER.

## ENCUESTA

**Esta encuesta está dirigida a operadores profesionales de Máquinas Excavadoras en Chiclayo**

Nombre del Entrevistado:

.....

Nombre del Entrevistador:

.....

Fecha:

.....

1. Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?

2. Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?
  
3. ¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?.
  
4. Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.
  
5. Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?.
  
6. ¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?.

D.N.I: .....

Firma: .....

Anexo 03

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FILIAL CHICLAYO

ESCUELA DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: "Diseño de un sistema que seleccione  
energía solar para climatizar la cocina de una  
caradora, en Chiclayo, 2016"

AUTOR:

JHORDY OLIVER BUSTAMANTE ASALDE

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:

NOMBRE: James Skinner Celada Padilla

TÍTULO UNIVERSITARIO: Ingeniero Mecánico Industrial

POSTGRADO: Maestría en Ing<sup>o</sup> Mecánica eléctrica

OTRA FORMACIÓN:

OCUPACIÓN ACTUAL: Docente universitario

FECHA DE LA ENTREVISTA: Octubre de 2016

**Mensaje al especialista:**

En la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a "Diseñar un sistema que utilice energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016" Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

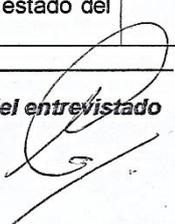
1. En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

2. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	✓		
b) Experiencia como profesional. (EP)	✓		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)		✓	
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	✓		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	✓		

*Firma del entrevistado*



**Estimado(a) experto(a):**

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos \_\_\_ Algunos  Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	Objetivo		<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Justificación		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Metodología		<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Propósito y alcance	<input checked="" type="checkbox"/>			
5					

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente \_\_\_ Buena  Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

Tomar más importancia de las Teorías Científicas.

Firma del entrevistado

Ing. Mec. Jaime Calada Padilla  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
C.I.P. 13065

Anexo 02

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Celada Padilla James Skinner
- Profesión: Ingeniero Mecánico ELECTRICISTA.
- Grado académico: MAESTRÍA EN Ing<sup>o</sup> Mecánica eléctrica.
- Actividad laboral actual: Docente Universitario

Anexo 03

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FILIAL CHICLAYO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA**  
**MECANICA ELÉCTRICA**

**FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO**

**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** "Diseño de un sistema que utiliza energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016"

**AUTOR:**

**JHORDY OLIVER BUSTAMANTE ASALDE**

**DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:**

**NOMBRE:** Pedro Demetrio Rojas Passara

**TÍTULO UNIVERSITARIO:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**POSTGRADO:**

Magister con Mención en Energía

**OTRA**

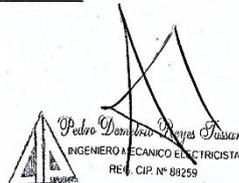
**FORMACIÓN:** \_\_\_\_\_

**OCUPACIÓN ACTUAL:**

Docente - Programa Sobe UCV

**FECHA DE LA ENTREVISTA:**

Octubre de 2016

  
Pedro Demetrio Rojas Passara  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REE. CIP. N° 88259

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a “Diseñar un sistema que utilice energía solar para climatizar la cabina de una excavadora, en Chiclayo 2016” Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

1. En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una “X” conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

2. Sírvase marcar con una “X” las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A	M	B
	(ALTO)	(MEDIO)	(BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	✓		
b) Experiencia como profesional. (EP)	✓		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)		✓	
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	✓		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	✓		

**Firma del entrevistado**

*Pedro Demetrio Rojas Pacheco*  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
REG. Nº 17 8822

**Estimado(a) experto(a):**

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos \_\_\_ Algunos  Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	Objetivos		<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Justificación		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Obtención de datos		<input checked="" type="checkbox"/>		
4					
5					

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente \_\_\_ Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

**Firma del entrevistado**

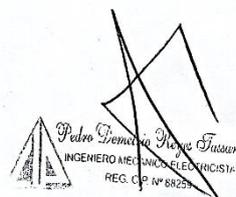
*Pedro Doménigo Torres Trujillo*  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Anexo 02

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Kayes Fassara Pedro Dinetrio
- Profesión: Ingeniero Mecánico Electricista
- Grado académico: Magister
- Actividad laboral actual: Docente del Programa Sube - UCV





TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016.

AUTOR: BUSTAMANTE ASALDE JHORDY OLIVER.

### ENCUESTA

Esta encuesta está dirigida a operadores profesionales de Máquinas Excavadoras en Chiclayo

Nombre del Entrevistado: Haily Martin Paico Diaz  
Nombre del Entrevistador: Bustamante Asalde Jhordy Oliver  
Fecha: .....

1. Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?

03 MAQUINAS

2. Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?

03 HORAS, EXISTE MENOS RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

3. ¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?.

06 glns x HORA.  
Incrementa en un 15% el consumo del combustible.

4. Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.

no tengo conocimiento.

5. Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?.

10 am a 12:00 AM; 01:00 - 04:00 pm.

6. ¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?.

- mas flujo de aire
- cortor para Soles

D.N.I: 46450604.....

Firma: Roibe.....

TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016.

AUTOR: BUSTAMANTE ASALDE JHORDY OLIVER.

### ENCUESTA

Esta encuesta está dirigida a operadores profesionales de Máquinas Excavadoras en Chiclayo

Nombre del Entrevistado: BURGOS SANDOVAL FERNANDO.  
Nombre del Entrevistador: Bustamante Asalde Jhordy Oliver  
Fecha: .....

1. Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?

3 unidades.

2. Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?

4 HORAS. BASA AL RENDIMIENTO  
POR LA TEMPERATURA DE LA CABINA  
Y LA DESIDRATACION.

3. ¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?.

5 Glns X HORA. J INCREMENTA EN UN 15%

4. Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.

NO TENGO CONOCIMIENTO

5. Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?.

9:00 AM. HASTA 3:30 PM.

6. ¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?.

UNA AREA MAS LIBRE  
BLOQUEADORES DE SOLES PARA LAS LUNAS

D.N.I.: ..... 47768042 .....

Firma: .....  .....

TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR  
LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016.

AUTOR: BUSTAMANTE ASALDE JHORDY OLIVER.

### ENCUESTA

Esta encuesta está dirigida a operadores profesionales de Máquinas Excavadoras  
en Chiclayo

Nombre del Entrevistado: Duverli CERUERA DIAZ  
Nombre del Entrevistador: Bustamante Asalde Jhordy Oliver  
Fecha: .....

1. Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?

*Las 3 Maquinas tienen Aire Acondicionado en su cabina.*

2. Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?

*De la jornada de 8 horas diarias, permanecería 2 horas. Porque el calor excesivo hace imposible la labor.*

3. ¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?.

*El consumo de esta excavadora es 6 galones por hora, y con Aire Acondicionado el consumo aumenta en 2 galones mas o adicionales*

4. Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.

*No, no conozco.*

5. Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?.

*La mayor concentración de calor es de 11:00 AM hasta las 03:00 P.M*

6. ¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?.

*Mayor espacio; Vidrios Polarizados, Ventilación mas potente.*

D.N.I: ..... 44528448 .....

Firma: .....  .....

TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR PARA CLIMATIZAR LA CABINA DE UNA EXCAVADORA, EN CHICLAYO 2016.

AUTOR: BUSTAMANTE ASALDE JHORDY OLIVER.

### ENCUESTA

Esta encuesta está dirigida a operadores profesionales de Máquinas Excavadoras en Chiclayo

Nombre del Entrevistado: *Miguel Coyoso Cordoba*  
Nombre del Entrevistador: *Bustamante Asalde Jhordy Oliver*  
Fecha: .....

1. Las excavadoras que se utilizan en la empresa que labora, ¿Cuántas unidades tienen aire acondicionado en la cabina?

*2 Maquinas - tiene aire acondicionado.*

2. Si la cabina de la excavadora no está climatizada, ¿Qué tiempo usted permanece en ese lugar?, ¿En qué medida le afecta a su rendimiento laboral?

*una hora como maximo porque lo calor es afosoante.*

3. ¿Cuál es el consumo de petróleo de la excavadora, y en qué porcentaje se incrementa si utiliza aire acondicionado accionado por el motor?.

*6,5 galones x hora, con el sistema de aire acondicionado activado aumenta el 20%.*

4. Tiene conocimiento del uso de la energía solar para accionamiento del aire acondicionado, de ser afirmativo, describa como funciona.

*hasta hora no e visto.*

5. Si se proyecta la instalación de aire acondicionado con energía solar en las cabinas de las excavadoras, según su experiencia ¿A qué hora del día, se puede aprovechar mejor la radiación solar?.

*Desde 9 am hasta 3 pm.*

6. ¿Qué cambios sugiere que se realicen en la cabina de la excavadora, para optimizar el aire acondicionado accionado por energía solar?.

*Mayor flujo de aire y salida de aire.*

D.N.I:

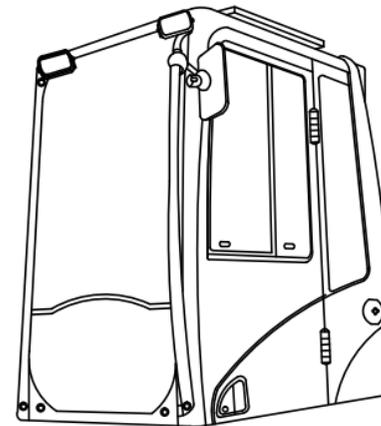
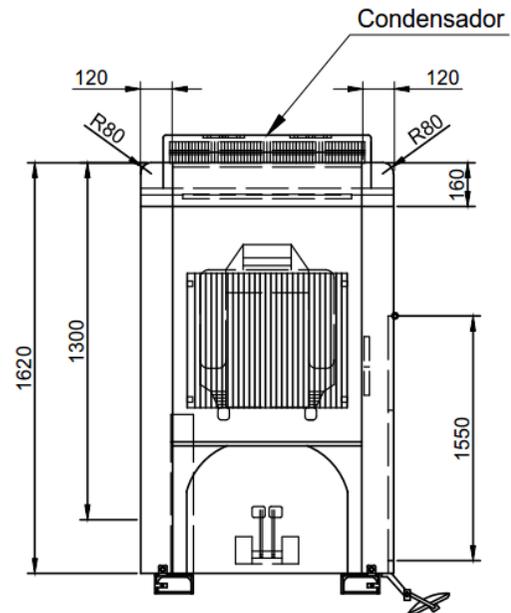
*45614564*

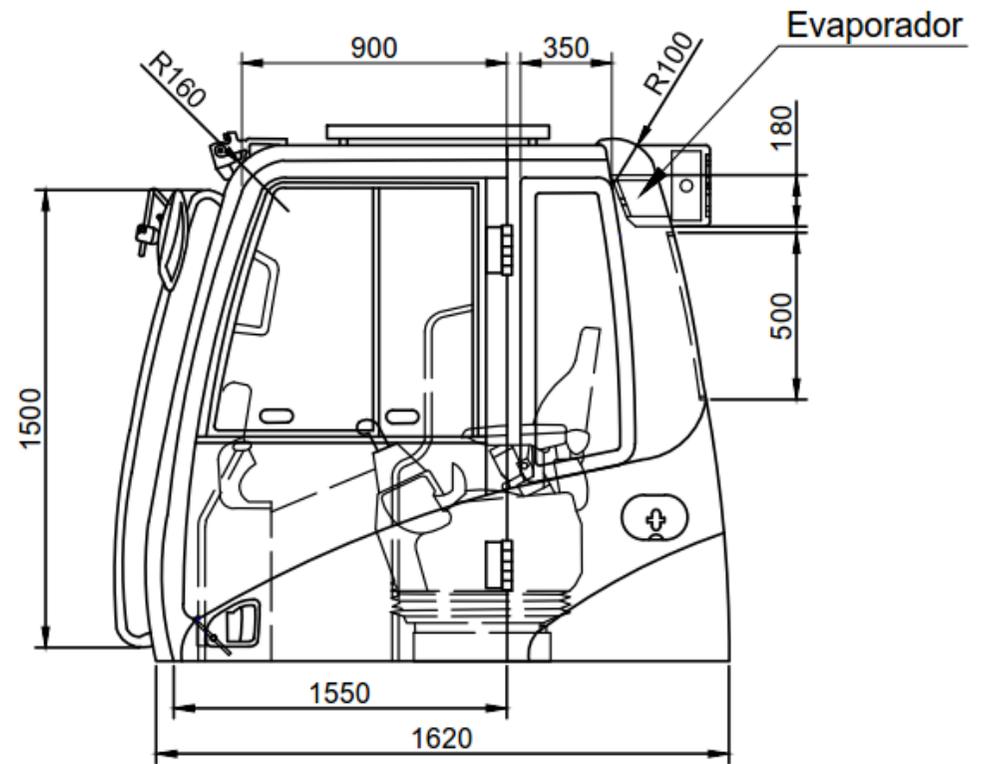
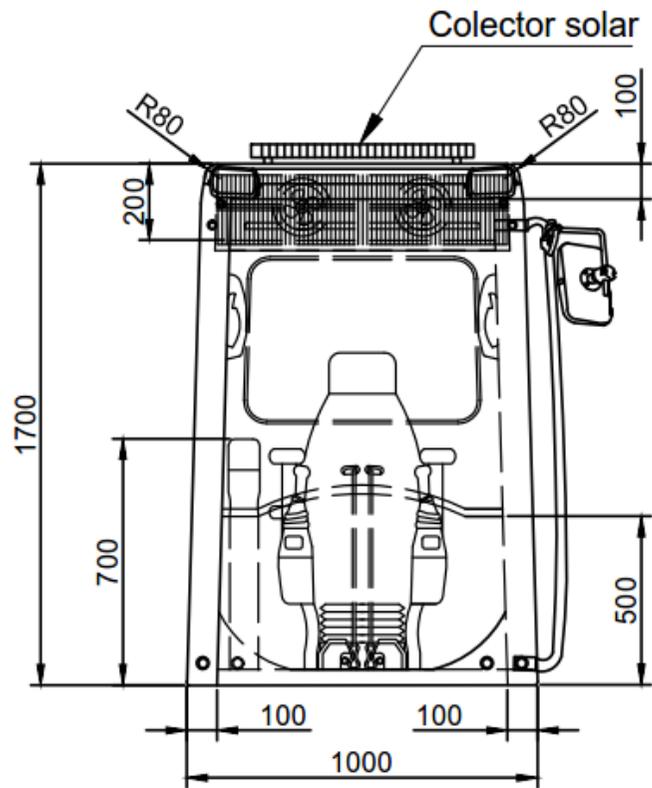
Firma:



“DIBUJO REAL DE LA CABINA EN AUTOCAD – EXCAVADORA CAT 329D”

Diseño de: Oliver Bustamante A.	Revisado por:	Aprobado por::	Fecha: 01/12/16
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	CABINA DE EXCAVADORA		
	VISTAS	Escala: 1:25	Hoja: 01





“IMÁGENES CON ALGUNOS EQUIPOS”



VISTA GENERAL DE EXCAVADORA CAT 329D



MEDIENDO EL INTERIOR DE LA CABINA – CAT 329D



MIDIENDO EL EXTERIOR DE LA CABINA – CAT 329D



VISUALIZANDO LOS MANDOS OPERACIONALES – CAT 329D



VISITA POR MOTIVO DE ENCUESTA A UN OPERADOR EN TUCUME –  
KOMATSU PC200 LC



EXCAVADORA HIDRAULICA JOHN DEERE 210G

# Manual de rendimiento Caterpillar

# 42



Especificaciones | Excavadoras

MODELO				
	328D LCR	328D LCR	329D	329D L

Costos de posesión y  
operación

8 Tablas de Consumo Horario de Combustible  
● Excavadoras

## Tablas de Consumo Horario de Combustible

### EXCAVADORAS

Modelo	Bajo		Media		Alto	
	litros (L)	gal EE.UU.	litros (L)	gal EE.UU.	litros (L)	gal EE.UU.
329D (HHPTier 3)	8,5-17,5	2,2-4,6	17,5-26,0	4,6-6,9	26,0-34,5	6,9-9,1

## MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR

publicación de Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, EE.UU.

ENERO DE 2012

Tabla de consumo horario del modelo de excavadora CAT 329D – “MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR”.