



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de aire acondicionado por absorción con energía solar para  
climatizar la cabina de la Retroexcavadora 420E”

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

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Jaime Bustamante Díaz (ORCID: 0000-0001-7694-8998)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mi padre que está en el cielo bendiciendo a toda mi familia, gracias padre.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por el conocimiento que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

**Jaime Bustamante Díaz**

## **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a Dios quien nos dio la vida y me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.

A la universidad Cesar Vallejo filial Chiclayo por albergarnos todo este tiempo de vida profesional.

**Jaime Bustamante Díaz**

## Declaratoria de Autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jaime Bustamante Díaz,  
estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la  
Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° ....., con el trabajo  
de investigación titulada, Diseño de un sistema de aire  
condicionado por absorción con energía solar para  
climatizar la cabina de la Retroexcavadora 420E


#### Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 11 de marzo, 2020

Nombres y apellidos  
DNI  
Firma

Jaime Bustamante Díaz  
46806103  


## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tablas .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad problemática .....	1
1.2 Trabajos previos.....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4 Formulación del problema .....	13
1.5 Justificación del estudio.....	13
1.6 Hipótesis. ....	14
1.7 Objetivos.....	14
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>15</b>
2.1 Diseño de investigación.....	15
2.2 Variables, operacionalización.....	15
2.3 Población y muestra. ....	17
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	17
2.5 Aspectos éticos. ....	18
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Cuantificar las cargas térmicas en la cabina de la retroexcavadora a climatizar.....	19

3.2 Realizar un estudio del potencial solar en las zonas donde operan las retroexcavadoras, con información de las estaciones meteorológicas, en cuanto a los niveles de radiación solar.....	25
3.3 Determinar los Parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración con energía solar.....	51
3.4 Diseñar el colector solar (generador) del sistema de aire acondicionado por absorción. 60	
3.5 Realizar una evaluación económica, utilizando indicadores tales como VAN, TIR, relación Beneficio- Costo. ....	64
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>
Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	77
Reporte Turnitin.....	78
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....	79
Autorización de versión final del trabajo de investigación.....	80

## Índice de Figuras

Figura 1. Comparación de los ciclos de compresión y de absorción.....	7
Figura 2. Proceso de refrigeración por absorción.....	8
Figura 3. Colector solar de placas planas. ....	10
Figura 4. Radiación solar en colector solar de placas planas. ....	11
Figura 5. Espectro de la radiación solar .....	11
Figura 6. Modelos de radiación solar. ....	12
Figura 7. Transferencia de calor por conducción. ....	21
Figura 8. Radiación solar kW-h/m <sup>2</sup> . ....	51
Figura 9. Condensador.....	52
Figura 10. Evaporador .....	52
Figura 11. Absor.....	53
Figura 12. Gener.....	54
Figura 13. Circuito de refrigeración por Absorción con energía solar.....	54
Figura 14. Evaporador.....	57
Figura 15. Absor.....	58
Figura 16. Qgen.....	59
Figura 17. Condensador.....	60
Figura 18. Gener.....	60
Figura 19. Energía solar incidente.....	62

## Índice de Tablas

Tabla 1. Valores promedio de condiciones ambientales. ....	20
Tabla 2. Cálculo de carga térmica en cabina de retroexcavadora. ....	24
Tabla 3. Nivel de radiación solar kw-h/m2. estación regional Lambayeque. ....	25
Tabla 4. Nivel de radiación solar km-h/m2. estación regional Piura. ....	27
Tabla 5. Nivel de radiación solar kW-h/m2. estación regional la libertad. ....	28
Tabla 6. Nivel de radiación solar kW-h/m2. estación región Cajamarca. ....	29
Tabla 7. Nivel de radiación kW-h/m2. ....	32
Tabla 8. Nivel de radiación kW-h/m2. ....	34
Tabla 9. Nivel de radiación kW/m2.....	36
Tabla 10. Nivel de radiación kW-h/m2 .....	38
Tabla 11. Método probabilístico de Weibull. ....	39
Tabla 12. Radiación solar kw-h/m2-probabilidad. ....	50
Tabla 13. Estado termodinámico en la máquina de absorción. ....	55
Tabla 14. Entalpia en estado termodinámicos. ....	57
Tabla 15. Termodinámico.....	58
Tabla 16. Termodinámica.....	59
Tabla 17: Termodinámica.....	60
Tabla 18. Costo de la inversión. ....	64
Tabla 19. Flujo de la caja del proyecto de inversión. ....	65
Tabla 20. Calculo del valor actual neto. ....	66
Tabla 21. Cálculo de la tasa interna de retorno. ....	67
Tabla 22. Relación beneficio costo.....	68



## RESUMEN

La presente tesis denominada: “Diseño de un sistema de aire acondicionado por absorción con energía solar para climatizar la cabina de la Retroexcavadora 420E”, es un proyecto de investigación en el sector de maquinaria pesada, y tiene como objeto de estudio el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía del sistema de aire acondicionado de la retroexcavadora 420E.

La investigación se inicia con la determinación de la carga térmica que se requiere en el interior de la cabina, con la finalidad de obtener confort al conductor de la unidad, quien labora en condiciones de temperatura alta, contaminación de sólidos disueltos en el aire, humedad relativa y ruidos; se determinó que se requiere de 3069 Watt térmicos que se debe extraer desde el interior de la cabina, su equivalente a 10471 BTU/hora.

Luego se hizo el análisis del potencial de radiación solar en la zona de influencia en dónde se ubican las retroexcavadoras 420E, que son en la costa Norte del Perú, en el cual se elaboró el análisis de los valores de radiación solar, y mediante el análisis probabilístico de Weibull, se determinó un valor de 5.68 KW-h/m<sup>2</sup>, con un nivel de ocurrencia del 67%, entre las 09.00 y 15.00 horas del día, que son las horas de uso del sistema de aire acondicionado, debido a que las temperaturas máximas en la estación de verano oscilan entre los 34° Centígrados.

Así mismo se hizo el análisis termodinámico de cada elemento del sistema por absorción; el calor en el evaporador es el calor extraído del interior de la cabina de 3069 Watt, el calor en el absolvedor es de 4850 Watt de potencia térmica. El calor que se requiere en el generador es de 6850 Watt y es el calor que se obtiene en el colector solar ubicado en la parte superior de la cabina de la retroexcavadora, y el calor en el condensador es de 3869 Watt que se disipa al exterior.

Finalmente se hizo el análisis económico y se determinó que el valor de la inversión asciende a 2890 Soles, y en el periodo de 12 meses se tiene un valor actual neto de 511,38 y una tasa interna de retorno de 5.84%, valores que hacen factible la ejecución del proyecto.

**Palabras claves:** Absorción, Energía Solar, Retroexcavadora 420E.

## ABSTRACT

The present thesis denominated: "Design of a system of air conditioned by absorption with solar energy to climate the cabin of the Retro excavator 420E", is a research project in the sector of heavy machinery, and has as object of study the use of the solar energy as a power source for the air conditioning system of the 420 E backhoe.

The investigation begins with the determination of the thermal load that is required in the interior of the cabin, with the purpose of obtaining comfort to the driver of the unit, who works under conditions of high temperature, contamination of dissolved solids in the air, humidity relative and noises; it was determined that 3069 Watt thermal is required that must be extracted from inside the cabin, its equivalent to 10471 BTU / hour.

Then, the analysis of the solar radiation potential in the area of influence where the 420E backhoe loaders are located, which is the one in the North coast of Peru, in which the analysis of solar radiation values was made, and by In the Weibull probabilistic analysis, a value of 5.68 KW-h / m<sup>2</sup> was determined, with an occurrence level of 67%, between 09.00 and 15.00 hours of the day, which are the hours of use of the air conditioning system, due to the that the maximum temperatures in the summer season oscillate between 34 ° Celsius.

Likewise, the thermodynamic analysis of each element of the system by absorption was made; the heat in the evaporator is the heat extracted from the interior of the cabin of 3944 Watt, the heat in the absorber is 4850 Watt of thermal power. The heat that is required in the generator is 6850 Watt and is the heat that is obtained in the solar collector located in the upper part of the cabin of the backhoe, and the heat in the condenser is 3869 Watt that dissipates to the outside.

Finally, the economic analysis was made and it was determined that the value of the investment amounts to 2890 Soles, and in the period of 12 months there is a net present value of 511.38 and an internal rate of return of 5.84%, values that make feasible the execution of the project.

**Keywords:** Absorption, Solar Energy, 420E Backhoe.

## Acta de aprobación de originalidad de tesis

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Mg. **DECIDERIO ENRIQUE DÍAZ RUBIO**, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**“Diseño de un sistema de aire acondicionado por absorción con energía solar para climatizar la cabina de la Retroexcavadora 420E”**

Del estudiante **JAIME BUSTAMANTE DÍAZ**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 11 de marzo de 2020

  
.....  
Mgtr. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
DNI: 16728343

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------