



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”**

Tesis para optar el título Profesional de:  
Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Br. Sherly Alison Cuyubamba Rojas

Br. Ayrton Stevens Paredes Caparachín

**ASESOR:**

Mg. Ing. Roberto Farfán Martínez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión empresarial y productiva

**Lima, Perú – 2018**

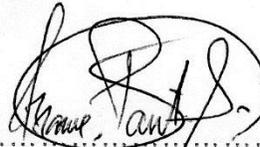
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) **Sherly Alison Cuyubamba Rojas**, cuyo título es: **“Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **16 Dieciséis**.

Lima, San Juan de Lurigancho, **12 de diciembre del 2018**



.....  
Dr. Robert Julio Contreras Rivera  
PRESIDENTE



.....  
Dr. Javier Francisco Panta Salazar  
SECRETARIO



.....  
Mg. Romel Darío Bazán Robles  
VOCAL



*[Signature]*

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	<i>[Signature]</i>	SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN	<i>[Signature]</i>
---------	----------------------------	--------	--------------------	-----------------------------	--------------------

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) Ayrton Stevens Paredes Caparachin, cuyo título es: "Diseño Optimo de un sistema de Iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (dieciséis).

San Juan de Lurigancho, 15 de diciembre del 2018

  
 .....  
 Dr. Robert Julio Contreras Rivera  
 PRESIDENTE

  
 .....  
 Dr. Javier Francisco Panta Salazar  
 SECRETARIO

  
 .....  
 Mg. Romel Darío Bazán Robles  
 VOCAL

 	 				
Elaboro	Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación

## DEDICATORIA

Este desarrollo de investigación va dedicado en primer lugar a nuestros padres por su infinito apoyo y motivación durante todo este proceso de formación, por otro lado a nuestro asesor por la paciencia, adiestramiento y orientación de todo el desarrollo del presente proyecto de investigación.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos primero a Dios por permitirnos un aliento de vida, por cuidarnos, protegernos y llegar con bien hasta el día de hoy.

A nuestros padres por los consejos, y sus constantes ánimos durante toda nuestra vida universitaria.

A nuestro asesor Roberto Farfán Martínez, por la dedicación y su apoyo humano durante el desarrollo de toda la tesis, con las correcciones precisas siempre brindadas.

Al ingeniero Rómulo Mañuico Simbrón por su apoyo y acompañamiento durante la etapa de elaboración del sistema de control de temperatura, su disposición para brindarnos sus conocimientos, y su colaboración con algunos materiales para la realización del sistema.

Al profesor Sabino Muñoz por su valiosa asesoría en toda la parte metodológica del trabajo y su motivación.

A los directivos de la Dirección General de Electrificación Rural por darnos su valioso tiempo y facilitarnos toda información relacionada al sistema de electrificación del país.

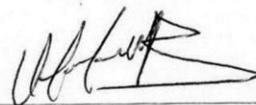
## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo SHERLY ALISON CUYUBAMBA ROJAS, identificada con DNI N° 74911652, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Industrial Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, 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 presenta 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.

Lima, 15 de Diciembre del 2018



Cuyubamba Rojas Sherly Alison

DNI° 74911652

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo Ayrton Stevens Paredes Caparachin con DNI N° 76192602, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta 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.

Lima, 15 de diciembre de 2018



Paredes Caparachin Ayrton Stevens

DNI: 76696248

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes nuestra Tesis titulada “Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier, Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”, la misma que se disgrega en capítulos tales como realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas, marco metodológico; teniendo como objetivo principal Determinar si la aplicación del efecto Seebeck permitirá la generación de iluminación LED mediante el diseño óptimo de un sistema, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

**Cuyubamba Rojas Sherly Alison**

**Paredes Caparachín Ayrton Stevens**

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar si la aplicación del efecto Seebeck permitirá la generación de iluminación LED mediante el diseño óptimo de un sistema, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco. Por otro lado, el tipo de investigación fue aplicada. En cuanto a la población no hay individuos o elementos sobre los cuales se haga el estudio, por lo tanto, no hay población objeto de estudio. Mediante las fichas de observación se recolectaron todos los resultados obtenidos en tres días distintos, los cuales se analizaron con el software Minitab aplicando el modelo de regresión lineal. Se elaboró un prototipo, dividido en dos sistemas de control y un generador termoeléctrico los cuales permiten el funcionamiento correcto del sistema. Con los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión que el efecto Seebeck si permite el diseño de un sistema de iluminación LED, teniendo la gradiente de temperatura óptima para su función un valor de  $56^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, siendo el voltaje mínimo para el funcionamiento de 4.5V y el óptimo de 12V.

**Palabras Claves: Efecto Seebeck, generador termoeléctrico, celda Peltier**

## ABSTRACT

The main objective of this thesis was to determine if the application of the Seebeck effect will allow the generation of LED lighting through the optimal design of a system, in the district of Yanahuanca, Pasco Region. On the other hand, the type of research was applied. Regarding the population there are no individuals or elements on which the study is made, therefore, there is no population under study. Through the observation cards, all the results obtained on three different days were collected, which were analyzed with the Minitab software applying the linear regression model. A prototype was developed, divided into two control systems and a thermoelectric generator which allow the correct functioning of the system. With the results obtained, it was concluded that the Seebeck effect allows the design of an LED lighting system, having the optimum temperature gradient for its function a value of 56 ° C approximately, being the minimum voltage for the operation of 4.5V and the optimum of 12V.

**Key Words: Seebeck effect, thermoelectric generator, Peltier cell**

## INDICE

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Declaratoria de Autenticidad.....	vi
Presentación.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	18
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	22
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	25
1.3.1. Efectos termodinámicos .....	25
1.3.2. Efecto Seebeck .....	26
1.3.3. Efecto Peltier .....	28
1.3.4. Sistema de control de temperatura tipo PID.....	29
1.3.5. Iluminación LED .....	30
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	33
1.4.1. Justificación Teórica.....	33
1.4.2. Justificación Práctica .....	33
1.4.3. Justificación Metodológica.....	34
1.5. PROBLEMA.....	34
1.5.1. Problema general.....	34
1.5.2. Problemas específicos .....	34
1.6. HIPÓTESIS .....	35
1.6.1. Hipótesis General .....	35
1.6.2. Hipótesis Específicas .....	35
1.7. OBJETIVO .....	36
1.7.1. Objetivo Principal.....	36
1.7.2. Objetivos Específicos .....	36

II. MARCO METODOLÓGICO.....	37
2.1. TIPO DE ESTUDIO .....	38
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	38
2.3. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN .....	39
2.3.1. Definición de Variables .....	39
2.3.2. Operacionalización de variables.....	39
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	42
2.7. ASPECTOS ÉTICOS .....	42
III. RESULTADOS .....	43
3.1. Zona de estudio.....	44
3.2. Componentes .....	45
3.3. Resultados obtenidos .....	60
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
V. CONCLUSIONES .....	80
VI. RECOMENDACIONES .....	82
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
VIII. ANEXOS.....	90
ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variables.....	91
ANEXO 2. Guía instrumental de recolección de datos.....	92
ANEXO 3: Ficha de observación y registro de datos .....	93
ANEXO 4. Información poblacional Cerro de Pasco.....	94
ANEXO 5. Ubicación geográfica de distritos en Cerro de Pasco.....	95
ANEXO 6. Viviendas con disponibilidad de alumbrado público.....	97
ANEXO 8. Producción de energía eléctrica por tipo de generación, según departamento.....	98
ANEXO 9. Prueba del sistema de control de temperatura.....	99
ANEXO 10. Iluminación LED generada por el sistema .....	99
ANEXO 11. Sistema y foco LED funcionando – Toma 1.....	100
ANEXO 12. Sistema y foco LED funcionando – Toma 2.....	100

ANEXO 13. Recolección de datos del sistema.....	101
ANEXO 14. Relojes digitales del sistema.....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla1. Resumen prueba experimental N°1.....	60
Tabla2. Resumen prueba experimental N°2.....	61
Tabla3. Resumen prueba experimental N°3 .....	61
Tabla4. Datos generales prueba experimental N°1 .....	65
Tabla5. Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°1.....	66
Tabla6.Datos generales prueba experimental N°2.....	68
Tabla7. Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°2 .....	69
Tabla8. Datos generales prueba experimental N°3 .....	72
Tabla 9. Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°3.....	72

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Módulo de Peltier.....	29
Figura 2. Estancias alrededor de Yanahuanca.....	44
Figura 3.: Plaza de Yanahuanca.....	45
Figura 4. Celda Peltier modelo TEC1-12706.....	46
Figura 5. Controlador de temperatura Autonics TCN4S-22R.....	46
Figura 6. Baterías CCB 12V9AH.....	46
Figura 7. Relé de estado sólido Fotek SSR-25DD .....	47
Figura 8. Termocupla tipo K.....	48
<i>Figura 9.</i> Módulo de carga XH-M603.....	48
Figura 10. Elevador de voltaje.....	49
Figura 11. Reductor de voltaje.....	49
Figura 12. Voltímetro digital amperímetro.....	49
Figura 13. Foco reflector Led 12V 20W.....	50
Figura 14. Interruptor termomagnético.....	50
Figura 15. Interruptor termomagnético.....	50
Figura 16. Arquitectura general del sistema de iluminación usando celdas Peltier .....	51
Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de control de temperatura .....	52
Figura 18. Conexiones eléctricas del sistema de control de temperatura.....	53
Figura 19. Terminales del controlador Autonics TC4NS.....	53
Figura 20. Conexiones eléctricas sistema de control de carga .....	54

Figura 21. Estructura del controlador XH-M603 .....	55
Figura 22. Estructura interna de una celda Peltier.....	56
Figura 23. Componentes del generador Peltier.....	57
Figura 24. (a) Interior del sistema: (1) Interruptor para 24V, (2) Interruptor para 12V, (3) Generador Peltier. (b) Posterior de la tapa: (1) Controlador Autonics TC4NS, (2) Controlador XH-M603.....	58
Figura 25. Cara frontal del tablero: (1) Voltios generados por las celdas, (2) Voltaje de la batería, (3) Temperatura actual del sistema, (4) Temperatura deseada. ....	59
Figura 26. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°1.....	62
Figura 27. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°2.....	63
Figura 28. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°2 .....	64
Figura. 29. Línea ajustada $R^2 = 99.3$ .....	67
Figura 30. Dispersión de voltaje con $\Delta T = 52.79$ °C.....	68
Figura 31. Línea ajustada $R^2 = 98.2$ .....	70
Figura 32. Dispersión de voltaje con $\Delta T = 55.90$ °C.....	71
Figura 33. Línea ajustada $R^2 = 100$ .....	73
Figura 34. Dispersión de voltaje con $\Delta T = 58.00$ °C.....	74
Figura 35. Dispersión de voltaje (Comparación de las 3 pruebas experimentales.).....	75
Figura 36. Estadísticos descriptivos de incremento de temperatura.....	76
Figura 37. Histograma de incremento de temperatura.....	77

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad, en diversas partes del mundo existe una gran cantidad de lugares en los cuales aún no se cuenta con acceso al servicio de electricidad; y en consecuencia, tampoco con el servicio de alumbrado público, según el Banco Mundial (2016), recogió de la base de datos de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL), junto con la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía que el índice de electrificación del año 2016, fue del 87.378% a nivel mundial. Un informe del Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA), indicó que en este mismo año la población mundial llegó a 7, 433 millones de personas (ONU, 2016). De estos dos datos relevantes, podemos deducir que el 12.622% de la población mundial, no cuenta con energía eléctrica, siendo en total más de 938 millones de personas. La mayoría de estos lugares, son pueblos rurales que se encuentran alejados, dispersados y en extrema pobreza, por ende debido a esta situación, en diferentes países del mundo se han buscado soluciones óptimas para poder brindar una fuente de electricidad auto sostenible y amigable ambientalmente para estas zonas.

En el Perú se ha incrementado el acceso a la energía eléctrica para más de 105,000 usuarios en zonas rurales de bajos ingresos a través de un programa que involucró el apoyo del Banco Mundial. Este esfuerzo por brindar electrificación en zonas rurales incluyó infraestructura a colegios, hospitales y centros comunitarios. Además, el componente de promoción de esta energía para usos productivos apoyó a más de 21,000 productores rurales incluyendo a mujeres, quienes constituyeron más de un tercio de los beneficiarios. Banco Mundial (Setiembre 24, 2014). Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/results/2014/09/24/peru-brings-electricity-to-rural-communities>

Según El Tiempo (2015), en la localidad de Granizal, Medellín en Colombia, país con un índice de electrificación del 99.00% (Banco Mundial, 2016), con una población de 18000 personas las cuales viven sin alumbrado público y en consecuencia en total oscuridad por las noches. El joven emprendedor Camilo Herrera inició la elaboración de un sistema de alumbrado público auto sostenible basado en paneles solares. El sistema consta de un poste elaborado de materiales fáciles de adquirir como madera, PVC o bambú, un panel solar de 30 V y una batería de 19 AH,

además de 12 bombillos LED que están protegidos por una botella de plástico ante el daño del clima, capaz de emitir luz blanca. Cada poste tiene una vida útil de 70 000 horas, la batería se recarga en un tiempo de siete horas y ofrece una duración de hasta 3 noches. Este mismo sistema ya se ha implementado en catorce ciudades de Colombia, entre las cuales se tienen, Medellín, Bogotá, Cartagena, Cúcuta, Pereira y San Vicente del Caguán. De igual manera, este proyecto ha llegado al continente africano, donde se han instalado 50 postes en zonas de Ghana y Kenia. El objetivo en los futuros 5 años, es llegar a 50 países del mundo, llegando a instalar 5000 postes en zonas en condiciones de extrema pobreza.

Por otro lado, en México, la cobertura de energía eléctrica llegó al 96.6%, sin embargo, aún se tiene una población de 3,5 millones de personas que carecen de ello, de las cuales el 60% pertenecen a comunidades indígenas, por consecuencia llegar a ellos se hace una tarea difícil debido a que estas personas viven en pequeñas comunidades alejadas, cuentan con otras dificultades como la falta de servicios básicos, carreteras, educación, salud, agua e infraestructuras. Se estima que las cifras de personas sin acceso a la energía aumentarían a un 20% en los siguientes 10 años debido al crecimiento demográfico. Frente a esta situación el gobierno diseñó el Proyecto Servicios Integrales de Energía (PSIE) para enfatizar las medidas y estrategias de electrificación rural establecidas por la Secretaría de Energía (SENER), a esta iniciativa se sumó el apoyo del Banco Mundial, quienes cuentan con una experiencia en electrificación rural y energía renovable para promover la realización de las buenas prácticas internacionales en este tema, aportando sus esfuerzos para reducir la pobreza en México. El principal trabajo fue la elaboración de granjas solares, para aprovechar la tecnología fotovoltaica y así crear redes de distribución de energía estable y confiable. Se lograron instalar 40 granjas solares en 8 estados de México; Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guerrero, Nayarit, San Luis Potosí y Sonora, siendo 18 pueblos indígenas de los 40 beneficiarios y un total de 2235 familias que ahora tienen acceso a este servicio a través de una fuente de energía renovable. (Banco Mundial, 2017)

El servicio de electrificación en Perú es una tarea difícil que enfrenta el Estado, según el INEI (2017), el índice de electrificación para el año 2016 fue de 94.5%, teniendo como principal fuente de generación, la de tipo térmica con un 50.69%, seguido de la hidráulica con un 46.78%, mientras que las fuentes renovables, como la eólica representa sólo el 2.06% y la solar el 0.47%.

Por otro lado el presidente de OSINERGMIN Daniel Schmerler, manifestó que aproximadamente el 6% de la población equivalente a 1 860 000 habitantes no cuenta con el servicio de electricidad, debido a que no se aprovecha en su totalidad los recursos energéticos renovables que facilitan llegar a lugares de difícil acceso. (Gestión, 2018)

Otro dato relevante según el INEI (2016) en estos departamentos la producción de energía eléctrica en el caso de Apurímac es de fuente hidráulica (99%), Cusco de fuente hidráulica (95%) y térmica (5%), Huancavelica fuente hidráulica (99%) y Pasco de fuente hidráulica (99%).

La falta o escases de alumbrado público en las zonas rurales es una de los indicadores visibles que separa este sector, con las ciudades urbanizadas, brecha que visibiliza la desigualdad con la que es tratado el sector rural.

Los dispositivos más comunes que se utilizan para iluminar, se tienen las lámparas incandescentes y fluorescentes, presentando cada una de ellas sustancias perjudiciales para el medio ambiente. GREENPEACE (2008), nos afirma: Las tecnologías de iluminación actuales no son eficientes, y para serlo se necesita distorsionar la calidad del color y no tomar en cuenta su toxicidad, es por ello que se promueve el empleo de nuevas alternativas como la iluminación LED.

Por lo general invertir en proyectos de electrificación rural no es rentable para las empresas privadas, debido a sus altos costes de distribución que representa, la menor cantidad de habitantes y su poco consumo eléctrico para llegar a los lugares más alejados. Como es el caso del departamento de Pasco, en la provincia de Daniel Alcides Carrión, según el INEI (2017), posee una población total de 54459 asimismo las familias que no disponen de alumbrado eléctrico en las viviendas son alrededor de 4538, es decir representa el 41.31% de la población. Por otro lado mediante el SENAMHI se puede recolectar los datos históricos para las heladas y friajes de dicha zona, a través de los tambos (programa del ministerio de viviendas), que son puntos construidos alrededor de todo el país, que mediante medidor de temperatura se están monitoreando las temperaturas mínimas y máximas. De esta información podemos mencionar como datos importantes, que en el departamento de Pasco, según información recopilada de la

Estación Chaupimarca, en el año 2018, la temperatura máxima ha sido en promedio de 13.7°C y la temperatura mínima de -7.78°C, obteniéndose de estas una temperatura promedio de 2.9°C.

Por las condiciones climáticas de estos lugares, según SENAMHI(2010), la región de Pasco presenta seis tipos de climas con una variabilidad de temperatura que pueden llegar a más de los 25°C y caer bajo los 0°C trayendo como consecuencia el difícil acceso a mantenimiento y la propagación de las redes eléctricas.

Por lo tanto, la falta de energía eléctrica y alumbrado en estas zonas, tiene un impacto ambiental y social para sus pobladores. Si bien el estado promueve y ejecuta proyectos para llevar la energía a estos lugares, la población que aún carece de ella es significativa. Lo expuesto nos lleva a la búsqueda de nuevas soluciones, teniendo en cuenta la responsabilidad social, ambiental y el aprovechamiento de las nuevas energías limpias, así como las nuevas tecnologías y dispositivos, asimismo se debe considerar el aspecto económico de los habitantes de estas zonas, frente a ello se plantea el uso de las celdas de Peltier para el diseño de un sistema de iluminación LED, dichas celdas son capaces de generar energía eléctrica mediante la diferencia de temperaturas que se concentran en sus caras, este voltaje es el que se pretende usar para alimentar al diodo LED, ya que son estos los componentes que necesitan menos energía para su funcionamiento.

La consolidación y pruebas del proyecto se realizará en el distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, ubicada en la Región Pasco, de manera que se aproveche las bajas temperaturas de este lugar, y de esa manera se genere la diferencia de temperatura necesaria para alimentar el sistema de iluminación.

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

En materia de este estudio se encontró antecedentes internacionales que le hacen referencia como la tesis de Medrano L., con el título “Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica” con motivo de optar el título de Ingeniero en Energía Renovables en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas en el año 2016, en la ciudad de Tuxtla – México; tuvo como objetivo principal diseñar, construir y evaluar un generador termoeléctrico por efecto Seebeck para proveer una fuente de energía eléctrica e iluminación en viviendas que cuenten con estufas ecológicas, para lo cual realizó las pruebas a dos tipos de celdas Peltier, el modelo TEC1-12710 y el modelo TEC1-12706, sometiéndolas a las altas temperaturas de las estufas, obteniendo como resultados más importantes un voltaje de 5V a una gradiente de temperatura de 93°C en el modelo TEC1-12710 y un voltaje de 5.1V a una gradiente de temperatura de 73°C en el modelo TEC1-12706, concluyendo que este último modelo posee mejores propiedades termoeléctricas para la generación de energía eléctrica, ya que se alcanzó el mismo voltaje con una diferencia de temperaturas menor.

De la misma manera Chargoy, J., y Reyes, A., en su tesis titulada “Propuesta de implementación de luminarias tipo LED y paneles fotovoltaicos en casa habitación”, con motivo de optar el título de Ingeniero Electricista en el Instituto Politécnico Nacional en el año 2014, en la ciudad de México D.F. – México; tuvo como objetivo evaluar una solución para reducir los costos del consumo de la energía eléctrica, de igual manera, la generación de esta con un menor impacto ambiental, alimentado de un sistema fotovoltaico e iluminación LED. Como resultado más importante, se observó una reducción en el consumo de energía de aproximadamente el 40%, al haber reemplazado las lámparas incandescentes por iluminación LED, equivalente a 60KWh por mes, proveniente del sistema fotovoltaico, que a su vez esto representó el 76% de la energía consumida por el usuario de la zona donde se realizó un estudio, concluyéndose positivamente el ahorro energético, pero principalmente una alternativa para reducir el impacto ambiental que puede causar la generación de energía eléctrica.

Asimismo, Moya, en su tesis titulada "Estudio de aplicación de células Peltier para la obtención de electricidad en automóviles" con motivo de optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica de Valencia, en el año 2018, en la ciudad de Valencia – España; tuvo como objetivo principal obtener energía eléctrica a través del calor residual que emiten los vehículos o maquinarias mediante el uso de las células Peltier, debido a que estos equipos emiten gran cantidad de calor que no se aprovecha. Para este trabajo se diseñó un modelo que permita atrapar dicho calor para así evitar que el vehículo no tenga mayor consumo de carburante, por consiguiente, se empleó una célula de Peltier modelo TEC1-12706 con características de 0-15.2 V y una intensidad de 0-6A. Lo primero que se realizó fue medir la temperatura del sistema de refrigeración del coche, lo segundo fue que se procedió a realizar pruebas a las celdas de Peltier aplicando calor y frío para crear la diferencia de potencial y evaluar los parámetros. Como conclusiones, con este sistema si bien es cierto no se obtuvo potencias de gran magnitud debido a que la capacidad del efecto Seebeck no tenía mayor proporción, pero no se descarta que a posteriori se implementen sistemas o centrales con nuevas tecnologías.

Por último, Arroyo, J., en su tesis titulada "Medidas de parámetros termoelectricos en un sistema constituido por dispositivos Peltier Seebeck" con motivo de optar el título de Ingeniero Electrónico Industrial y Automático, realizada en la universidad Politécnica de Cataluña en 2013, ciudad de Cataluña - España, planteó como objetivo principal crear un diseño que permita evaluar los parámetros termoelectricos en un dispositivo cerrado Peltier Seebeck. Para realizar este trabajo se empleó un módulo de Arduino, así como un sinnúmero de sensores adheridos al sistema termoelectrico para poder evaluar las señales emitidas, estas señales fueron procesadas en el programa Labview; asimismo crearon un sistema de refrigeración que consta de dos disipadores, un aislante térmico y un ventilador para disipar el calor, la célula que emplearon poseía las características para un voltaje de 4V y una intensidad de 6A. Los parámetros fueron la resistencia, el coeficiente de Seebeck y la diferencial de temperatura de ambos. Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios puesto que el sistema creado cumplió en emitir todos los parámetros sin embargo tuvieron que realizar varias calibraciones y evaluar una gran cantidad de soluciones.

En cuanto a estudios nacionales realizados, se encontró como la tesis de Muñoz D., con el título de “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país” con motivo de optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional de Ingeniería en el año 2005, en la ciudad de Lima – Perú; tuvo como objetivo principal mostrar la viabilidad y conveniencia del aprovechamiento de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos y poder brindar una alternativa de solución ante la falta de electrificación en las zonas rurales, que se encuentran alejadas del sistema eléctrico interconectado del país. Mediante los resultados obtenidos se busca promover el desarrollo de proyectos que puedan atender la necesidad básica de electricidad en los pueblos marginales, utilizando paneles fotovoltaicos. Se concluyó que se puede utilizar fácilmente la energía solar para la generación de energía eléctrica, asimismo no requiere de medidas de seguridad estrictas y no produce residuos contaminantes o tóxicos. De igual manera, la sostenibilidad del proyecto depende en gran medida del compromiso y colaboración de la comunidad, a través de un plan de desarrollo comunitario, con el cual se sientan identificados y asuman responsabilidad para el éxito del proyecto. Finalmente, estos sistemas de generación de energía, tienen una de las aplicaciones más importantes en las zonas rurales, donde es poco posible poder distribuir la energía eléctrica de forma convencional.

De igual manera Medrano, E., en su tesis titulada “Rediseño e implementación de un sistema de iluminación para espacios publicitarios usando LED RGB” con motivo de optar el título de Ingeniero Electrónico en la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el año 2010, en la ciudad de Lima – Perú; tuvo como objetivo principal rediseñar e implementar un sistema de iluminación mediante la tecnología LED RGB, aplicado a un display publicitario con una superficie de 25x25 cm<sup>2</sup>. En este proyecto se pudo concluir que se logró iluminar la superficie del display, utilizando un circuito integrado LM3405 para regular la corriente, la cual no se pudo obtener del todo, llegando solo a 170mA de 350mA, debido a que se utilizó el diodo Schottky 1N4148 que posee una menor frecuencia comparado al diodo SS13, recomendando este último para el circuito utilizado.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. Efectos termodinámicos**

“La termoelectricidad es una rama de la termodinámica que estudia diversos fenómenos en las cuales intervienen calor y electricidad” (Tornos y Sotelo, 2006, p.1). Esto permite obtener un flujo de corriente eléctrica, a través de una diferencia de temperaturas, y de igual manera, se puede obtener una variación en la temperatura, a través del flujo de una corriente eléctrica. Dentro de los fenómenos termoeléctricos más conocidos tenemos los siguientes: El efecto Seebeck, efecto Peltier, efecto Thomson.

El efecto Peltier se manifiesta cuando se hace circular una corriente eléctrica a través de la unión de dos metales, dicha unión se puede enfriar o calentar al compararse con la temperatura del ambiente, dependiendo de la dirección del flujo de la corriente. (Longinov, Fragoso y Gurevich, 2007).

Esto nos quiere decir que, al unir dos metales por ambos extremos, y hacer fluir una corriente eléctrica por una de las uniones, una de ellas pasa a aumentar su temperatura mientras que la otra disminuye.

Se descubrió en el año 1834 gracias al físico francés Jean Charles Peltier en una de sus investigaciones de electricidad. El efecto Peltier consiste en hacer pasar corriente eléctrica por las uniones de dos metales diferentes (termopar), logrando así que gracias a sus propiedades, una de las uniones aumente su temperatura y la otra disminuya, obteniendo así una unión fría y otra caliente.

El efecto Thomson consiste en que al pasar una corriente eléctrica en un sistema térmico heterogéneo, es decir, con la existencia de un gradiente de temperatura, surge una fuente volumétrica de calor, adicional a la fuente de calor de Joule. (Longinov et al. 2007, p.17).

Esto quiere decir, que al aplicar una corriente eléctrica y en consecuencia generar una diferencia de temperatura en un sistema (puede ser solamente un material) se generará un calor diferente al expuesto por Joule.

Este último, está referido a que cuando la corriente eléctrica circula por un objeto, la energía cinética generada por los electrones del objeto se convierte en calor, debido al choque de estos electrones con las paredes del material y otros átomos que se encuentren en él, haciendo de ese modo que se eleve la temperatura.

### **1.3.2. Efecto Seebeck**

Como se mencionó, entre los efectos termoeléctricos conocidos, el que es parte fundamental del presente proyecto, es el efecto Seebeck, sobre el cual Cengel y Boles (2011) afirman:

Al considerar dos alambres de metales diferentes unidos por ambos extremos (uniones), se forma un circuito cerrado. Normalmente no sucederá nada. Sin embargo, al calentar uno de los extremos sucederá algo interesante: una corriente fluye continuamente en el circuito, (...). Esto se conoce como el efecto Seebeck.

Esto nos quiere que dos metales diferentes, mayormente semiconductores, unidos por dos extremos, al aplicarle calor a uno de los extremos, se generará un flujo de corriente eléctrica a través de dichos metales.

“El efecto Seebeck consiste en la aparición de una corriente eléctrica en presencia de un gradiente de temperatura en circuito cerrado que está formado por dos conductores (semiconductores) diferentes” (Longinov et al. 2007, p.17).

En este caso, además de un incremento de temperatura (calentamiento), la gradiente o diferencia de temperatura también se puede dar al disminuir una de las uniones de los materiales (enfriamiento), generando de igual manera un flujo de corriente, de esta manera, la polaridad del flujo se invertiría, si se realiza el enfriamiento o calentamiento sobre la misma unión.

Este fenómeno termoeléctrico fue descubierto por el físico Thomas Seebeck en el año 1821. Dicho experimento consistió en crear un circuito cerrado al unir dos metales diferentes como el cobre y bismuto.

Los semiconductores, son materiales que se pueden comportar como conductores o aislantes, según diversos factores como la presión, campo magnético, temperatura. Estos elementos se encuentran en la tabla periódica del grupo 12 al 16, siendo el Silicio el más utilizado, con la principal característica de ser tetravalente. Estos materiales, son los mejores para realizar trabajos termoeléctricos, gracias a las características mencionadas.

Los semiconductores, pueden ser intrínsecos, en el caso del Silicio y Germanio, debido a su tetravalencia, los átomos de estos materiales se unen a través de enlaces covalentes.

Por otro lado, si a uno de estos semiconductores intrínsecos se les agrega impurezas (elementos trivalentes o pentavalentes) estas pasan a sustituir la estructura y formar parte del átomo, a ello se le denomina dopaje.

Estos semiconductores dopados, a su vez se pueden clasificar en semiconductores tipo N, cuando el dopaje se realiza para aumentar la cantidad de electrones en el material, se conoce como semiconductor negativo.

“Un semiconductor tipo N se obtiene añadiendo un elemento con cinco electrones en su capa de valencia l cristal de silicio. Con ello se aumenta el número de portadores de carga libre negativa (electrones) existentes en el cristal” (Gago, A., y Fraile, J., 2012, p.3).

El otro caso, es que se le agregue impurezas, que liberen los electrones con uniones más débiles, aumentando así el número de huecos, se le conoce como semiconductor positivo.

Un semiconductor tipo P se obtiene añadiendo al silicio una pequeña cantidad de un elemento con tres electrones en su capa de valencia. Con ello se aumenta considerablemente el número de portadores de carga libre positiva (huecos) existentes en el cristal. (Gago, A., y Fraile, J., 2012, p.3)

La eficiencia energética de un termopar, se determinará en función de las temperaturas que se ingresen en la unión, produciendo de esta manera un voltaje y una corriente eléctrica; sobre esto último Rela (2010), afirma: “La corriente eléctrica se mide y expresa en ampere. Un ampere es la corriente en la que se transfiere un coulomb por cada segundo que transcurre”. Así mismo, nos menciona que un coulomb equivale a una cantidad determinada de electrones, lo cual nos indica que la corriente viene a ser la cantidad de electrones que fluyen por un material en un determinado periodo de tiempo.

### **1.3.3. Efecto Peltier**

En 1834 el físico francés Jean Charle Athanase Peltier descubrió un efecto termodinámico inverso al que había descubierto Thomas Seebeck. Si hacemos pasar una corriente a través del circuito descrito por Seebeck (termopar), ocurrirá que la temperatura de una parte de este circuito aumentará y la temperatura en la otra sección disminuirá, por lo tanto el calor será transferido desde una unión a otra y encontraremos que la cantidad de calor que se transmite será proporcional a la corriente generada.

#### **1.3.3.1.Celdas Peltier**

Celdas Peltier, una célula o celda Peltier mueve energía calorífica desde la placa fría a la placa caliente a través del control de la energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación (Dpto. de Electrónica e Informática Industrial, 2007; González García, 2011). Por lo general, una celda Peltier está conformada por dos materiales semiconductores, uno tipo P y otro tipo N, como lo muestra la figura 5. Las células que se comercializan en el mercado esencialmente están compuestas por dos tipos de elementos semiconductores: telurio de bismuto y seleniuro de antimonio (Sandoval, Espinosa & Barahona, 2010). La principal ventaja de utilizar celdas Peltier en los procesos de refrigeración es la posibilidad de crear un flujo térmico a partir de una corriente eléctrica de manera directa y eficiente, pues hace inútil el empleo de gases como el neón, que resultan perjudiciales para la capa de ozono (Patterson & Sobral, 2007).

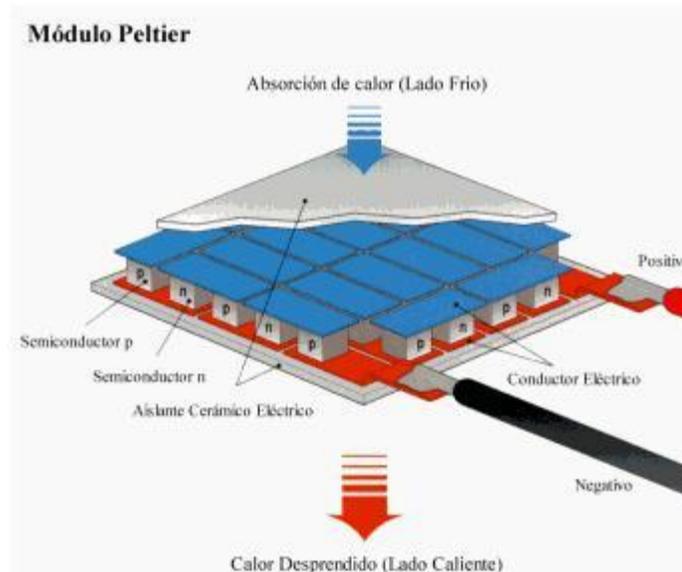


Figura 1. Módulo de Peltier

#### 1.3.4. Sistema de control de temperatura tipo PID

Uno de los tipos o sistemas de control de temperatura es el denominado PID. De hecho las siglas PID hacen la referencia a un control Proporcional Integral Derivativo. Un controlador de temperatura PID combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, que ayudan a la unidad automáticamente a compensar los cambios ocurridos en el sistema.

Estos ajustes integral y derivativo, se expresan en unidades referidas en el tiempo, también se les nombra por sus recíprocos RATE y RESET, respectivamente. Los términos proporcional, integral y derivativo se deben de ajustar de manera individual mediante el método constante de prueba error.

El regulador proporciona un control más preciso y estable de los tres tipos de controladores, y se utiliza comúnmente en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña, o sea aquellos que reaccionan rápidamente a cambios en la energía añadida al proceso. Se recomienda este sistema en los casos en los que la carga cambia a menudo y no se espera que el controlador lo compense automáticamente, debido a los frecuentes cambios en el punto de referencia, la cantidad de energía disponible, o la masa a controlar. Controladores de temperatura Recuperado de <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>)

### **1.3.5. Iluminación LED**

Gago, A., y Fraile, J. (2012) nos dicen:

LED es el acrónimo en inglés de Light Emitting Diode (en español: diodo emisor de luz). Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con la longitud de onda monocromática específica muy bien definida cuando se polariza de forma directa pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos. (p.2)

Esto nos dice, lo que conocemos como LEDs, son diodos, los cuales al hacerles circular una corriente eléctrica en la polaridad corriente, tienen la capacidad de emitir luz de un color específico, este color está determinado por los materiales que componen el diodo.

Asimismo, según la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM, 2015) “Un LED (light emitting diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz cuasi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica” (p.19)

Estos dispositivos se caracterizan por ser totalmente sólidos, y se diferencian a otras lámparas por la forma en la que emite la luz. Las lámparas incandescentes se caracterizan por calentar a altas temperaturas, un filamento muy fino de metal (generalmente tungsteno), que debido a su resistencia a estas temperaturas este material emite luz, sin embargo, son demasiado ineficientes.

Las lámparas fluorescentes, emiten la luz a través del paso de la corriente eléctrica, por el vapor de mercurio que se encuentra encerrado, esto hace que el mercurio emita luz ultravioleta. Esta luz hace contacto con el fósforo que se encuentra dentro, se vuelve fluorescente y se produce una luz blanca. Este tipo de lámparas, necesita de un dispositivo de control (balasto) para poder regular el flujo de la electricidad.

La iluminación LED, se alimenta de bajos voltajes de energía eléctrica (corriente continua) que circula por dos capas de material semiconductor. De esta manera se generan fotones de luz, el color de esta depende del tipo de semiconductor que se utilice y del tipo de dopante que tenga agregado.

Sobre esto, Herranz, C., Ollé, J., y Jáuregui, S. (2011) afirman: “La eficacia del LED depende de la intensidad de funcionamiento (...). La mayor eficacia se obtiene a 350 mA”. Podemos deducir que la corriente necesaria para alimentar un dispositivo LED, es muy inferior comparado con otro tipo de lámparas, ya sean incandescentes o fluorescentes, que son los que más se conocen en el mercado.

Algunas de las características más importantes para un óptimo funcionamiento de las lámparas LED, es la temperatura de trabajo, ya que si ésta es baja afecta al funcionamiento eficiente de las lámparas fluorescentes, haciendo que el voltaje necesario para funcionar es más alto, demora más para hacerlo y la luz no es tan intensa. Por ejemplo, a una temperatura de 0°C la intensidad de la luz de un fluorescente se reduce en un 50%. Sin embargo, los LED tienen una característica opuesta, ya que cuanto más baja la temperatura su eficiencia de trabajo aumenta, por ello su aplicación es ideal para zonas refrigeradas o con climas de bajas temperaturas. (Gago, 2012).

Otro punto importante, es la velocidad del encendido de las lámparas, ya que en la mayoría de lámparas sean fluorescentes o de alta intensidad, esto demora hasta unos minutos, y después de apagarse, necesita de un tiempo de recuperación para volver a encenderse. Por otro lado, la tecnología LED, llega a su máxima luminosidad casi de inmediato y no necesita de un tiempo de espera para su recuperación. (Gago, 2012).

Las lámparas de luz tradicionales, se deterioran más rápido si se encienden y apagan con mucha frecuencia. En las lámparas incandescentes, el filamento de tungsteno se va deteriorando a cada hora de funcionamiento, por otro lado, en los fluorescentes los voltajes altos de arranque, hacen que se deterioren los electrodos. Por el contrario, en los LEDs, la intensidad de la luz y su vida útil no se ve afectada por realizar constantes encendidos y apagados. (Gago, 2012).

De lo mencionado se desprende el coste operativo, el cual a su vez está conformado por el consumo de energía que realiza el LED durante su funcionamiento, y la vida útil del mismo, es decir, las horas totales de funcionamiento que puede ofrecer este dispositivo.

Un punto muy importante en cuanto a la iluminación es la intensidad de la luz, sobre este punto, se han de considerar dos conceptos muy importantes, en primer lugar se tomará en cuenta el flujo luminoso, sobre el cual conocemos lo siguiente; “Es la potencia emitida en forma de luz la cual el ojo humano es capaz de percibir” (Blanca, Castilla, Martínez y Pastor, 2011). Así

mismo, se tendrá en cuenta la iluminancia, “Esta es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie” (Blanca et al., 2011).

Sobre la iluminación Quadri (2001), afirma:

La iluminación artificial es otro de los factores que deben ser tenidos en cuenta, no sólo por su intensidad, que debería oscilar entre los 300 y los 1000 lux, ya que si su valor es menor produce fatiga visual y dolor de cabeza. (p.62)

Esto nos quiere decir que todo dispositivo de iluminación, debe tener una intensidad luminosa mínima de 300 lux y una máxima de 1000 lux para propiciar una luz que permita una buena visualización al usuario. En el presente trabajo de investigación se esperan obtener valores dentro del rango o cercanos.

## **1.4.JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1. Justificación Teórica**

“La justificación teórica hace referencia a la confrontación de conocimientos y debates sobre un tema de investigación en específico,” (Bernal, 2010, p.106).

Lo mencionado anteriormente nos quiere decir que con la justificación demostramos la relevancia que tienen las diferentes teorías con relación a nuestro proyecto de investigación, es decir plasmamos todos los antecedentes teóricos.

La investigación se realizó con el propósito de aplicar los conocimientos de la teoría de los efectos termoeléctricos, específicamente el efecto Seebeck y Celdas Peltier para diseñar un dispositivo de iluminación, y evaluar sus características técnicas, así como su factibilidad y sirva de referencia para futuras investigaciones. Dado que las condiciones experimentales se han realizado en un ambiente de extremas temperaturas se pudo comprobar que estas teorías igualmente son aplicables.

### **1.4.2. Justificación Práctica**

“La justificación practica tiene el propósito de resolver un problema o dar estrategias que orienten a solucionarlos” (Bernal, 2010, p.106).

Una justificación es práctica porque ofrece hacia los demás diversos caminos que pueden facilitar la resolución de un problema o que empleen medidas a mejorar un determinado sector.

La investigación es una iniciativa ante la necesidad de las zonas rurales, pobres y alejadas, donde aún no llega la electricidad, y por lo tanto carecen de iluminación; brindando así una alternativa de solución sostenible y amigable con el ambiente que permita mejorar la calidad de vida de dichos pobladores.

### **1.4.3. Justificación Metodológica**

“Se realiza cuando la investigación a realizar, plantea nuevos métodos o estrategias para la generación de conocimiento válido y confiable” (Bernal, 2010, p.107)

La investigación tendrá una justificación metodológica cuando a través de ella se puedan establecer nuevos procedimientos para la generación de conocimiento.

Mediante la presente investigación, se tuvo como propósito y se logró la construcción de un dispositivo de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck, de manera que esperamos que sea una base para investigaciones futuras, y se pueda replicar para aumentar el conocimiento sobre esta nueva propuesta de aplicación. Estamos incluyendo los caminos seguidos, pruebas y resultados obtenidos.

## **1.5. PROBLEMA**

### **1.5.1. Problema general**

¿De qué manera la aplicación del Efecto Seebeck en celdas Peltier genera iluminación LED, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco 2018?

### **1.5.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el valor óptimo de la gradiente de temperatura bajo el cual el sistema de iluminación LED se hace auto sostenible, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco?

¿Cuál será el umbral y valor máximo del voltaje generado por las celdas Peltier para la generación de iluminación LED, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco?

## **1.6. HIPÓTESIS**

“La hipótesis es la suposición anticipada al problema de la investigación, por lo tanto, se debe orientar a probar tal hipótesis (Bernal, 2010, p.106).

Esto hace referencia a que una hipótesis es una suposición previa que se tomara como una conclusión siempre y cuando se llegue a analizar y corroborar. La hipótesis contiene información de suma importancia que puede llegarse a convertir base para nuevas teorías.

Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos.

Tal como lo hemos establecido en el método de nuestra investigación no hay individuos o elementos sobre los cuales se haga el estudio o se manipulen. Por lo tanto, nuestra hipótesis de investigación no se demuestra mediante una prueba estadística, sino que se demuestra de manera exclusivamente experimental.

### **1.6.1. Hipótesis General**

La aplicación del efecto Seebeck genera iluminación LED, mediante el diseño óptimo de un sistema, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

El valor óptimo de la gradiente de temperatura bajo el cual el sistema de iluminación LED se hace auto sostenible es de 30°C en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

El umbral y valor máximo de voltaje para generar iluminación LED son 4.5 y 12 Voltios respectivamente en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

## **1.7. OBJETIVO**

“Los objetivos reflejan el propósito del estudio, así como la expresión de lo que se pretende alcanzar” (Bernal, 2010, p.99)

Es decir, todo proyecto de investigación se orienta a cumplir los objetivos, por otro lado, estos objetivos deben ser claros, deben estar en verbo infinitivo

### **1.7.1. Objetivo Principal**

Determinar si la aplicación del efecto Seebeck permitirá la generación de iluminación LED mediante el diseño óptimo de un sistema, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

Determinar el valor óptimo de la gradiente de temperatura bajo el cual el sistema de iluminación LED se hace auto sostenible, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

Determinar el umbral y valor máximo del voltaje generado por las celdas Peltier para la generación de iluminación LED, en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

## **II. MARCO METODOLÓGICO**

## 2.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio es de tipo Aplicado, porque a partir de los conocimientos teóricos que comprenden el efecto Seebeck, se dará solución a la realidad problemática de falta de iluminación en la zona de estudio. A su vez es experimental, ya que se tiene cierta manipulación sobre las dimensiones de la variable independiente, que es la gradiente o diferencial de la temperatura del sistema, y a través del comportamiento de ella, lograr obtener resultados favorables que permitan el funcionamiento del sistema de iluminación LED.

## 2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación será experimental verdadera. De acuerdo con Salkind (como se citó en Bernal, 2010), en un experimento verdadero, se debe tener control sobre una o más variables independientes, y de igual manera, poder asignar cada una de los casos de experimentación, por otro lado se deben considerar aquellas variables que pueden influenciar en los resultados del experimento.

Lo que se busca determinar es la posibilidad de construir un sistema de iluminación LED eficiente, aplicando el efecto Seebeck, mediante una celda Peltier. Teniendo en cuenta que la dimensión principal para que este efecto se manifieste es la gradiente de temperatura. En este caso la temperatura mínima estará determinada por la temperatura del ambiente, ya que se realizarán los experimentos en zonas de climas fríos, mientras que la temperatura máxima estará determinada por la temperatura interna del dispositivo, esta será la que se manipulará a fin de determinar la combinación más óptima para el funcionamiento del dispositivo.

Según el diseño elaborado para la presente investigación, el voltaje obtenido en función de la gradiente o diferencia de temperatura, entre el ambiente y el sistema se puede representar con una ecuación lineal como se muestra a continuación:

$$T(\Delta t) = b_0 + b_1(\Delta t)$$

Donde:

T: Tendencia del voltaje generado

$\Delta t$ : Gradiente de temperatura

$b_1$ : Intercepto

$b_0$ : Pendiente de regresión

## 2.3. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

### 2.3.1. Definición de Variables

- **Variable Independiente, cuantitativa:** Efecto Seebeck: Cengel y Boles, (2011), afirman: (...) diferentes metales unidos en ambos extremos (uniones), formando un circuito cerrado. Ordinariamente no ocurrirá nada. Sin embargo, cuando se calienta uno de los extremos sucede algo interesante: una corriente fluye continuamente en el circuito. (...) A pesar de sus bajas eficiencias, los generadores termoeléctricos tienen unas ventajas definitivas respecto de peso y confiabilidad. (p.647)

- **V.I. = Temperatura ambiente y del sistema**

- **Variable Dependiente, cuantitativa: Iluminación LED:** LED es el acrónimo en inglés de Light Emitting Diode (en español: diodo emisor de luz). Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con la longitud de onda monocromática específica muy bien definida cuando se polariza de forma directa pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos. (Gago, A., y Fraile, J., 2012 p.2)

### 2.3.2. Operacionalización de variables

**Definición operacional:** Los datos de las fuentes primarias se obtendrán a través de diversas herramientas; un termómetro Fluke 52 junto con dos termocuplas tipo J para las lecturas de las temperaturas máximas y mínimas, un multímetro digital Prasek PR – 301 para las lecturas de voltaje y corriente eléctrica; finalmente un luxómetro digital para la lectura de la iluminancia, los demás indicadores se obtendrán de cálculos utilizando los valores obtenidos ya mencionados, como se muestran en las fórmulas.

**Los indicadores:** Los indicadores por los cuales se obtendrán los datos para su posterior análisis son: temperatura máxima, temperatura mínima, intensidad de corriente, tensión eléctrica, potencia eléctrica, flujo luminoso, iluminancia, consumo de energía y autonomía.

**Escalas de medición:** La escala será de tipo razón para datos cuantitativos.

## 2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

**Población:** Jany (como se citó en Bernal, 2010) nos dice que la población es la cantidad total de individuos o elementos con características comunes y sobre las cuales se realizará el estudio. En el presente proyecto, “Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”. No hay individuos o elementos sobre los cuales se haga el estudio o se manipulen. Por lo tanto no hay población objeto de estudio.

Es utilizando un conjunto de elementos disimiles y manipulando la temperatura interior del sistema creado, que se ha obtenido la iluminación LED esperada.

**Muestra:** Según Bernal (2010), es la parte de la población elegida, de la cual se recopila la información para el desarrollo de la investigación y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables seleccionadas para el estudio.

Al igual que la población, debemos decir que en el presente proyecto, “Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”. No hay individuos o elementos sobre los cuales se haga el estudio o se manipulen. Por lo tanto no hay población objeto de estudio y tampoco hay muestra. Es utilizando un conjunto de elementos disimiles y manipulando la temperatura interior del sistema creado, que se ha obtenido la iluminación LED esperada.

**Unidad de análisis:**

En nuestro caso la unidad de análisis, es el sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier, distrito de Yanahuanca, Región Pasco.

**Objeto de análisis:**

Son los resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas utilizando distintas combinaciones de los componentes del sistema. Es cada corrida experimental que se realizó para cada una de las combinaciones posibles.

**2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Según Bernal (2010), “Actualmente, en la investigación científica existen muchas de técnicas o instrumentos para la recopilación de información de una investigación”. La técnica que se utilizará para la recolección de los datos dependerá del tipo y modelo de la investigación.

En el presente proyecto la técnica a utilizar, es la observación directa, debido al carácter cuantitativo de la investigación. “(...) permite obtener información directa y confiable, siempre y cuando se haga mediante un procedimiento sistematizado y muy controlado” (Bernal, 2010).

En este sentido, la recolección de datos se realizará mediante herramientas que permitirán medir los indicadores de la investigación, realizando cada procedimiento de manera que se asegure la lectura más aproximada en las mediciones.

Así mismo, todos los datos recolectados durante la investigación se colocarán en una ficha de observación, la cual ha sido elaborada teniendo en cuenta todos los indicadores seleccionados, para su posterior análisis.

## **2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

En esta etapa se realiza el procesamiento de los datos obtenidos de la muestra de resultados obtenidos durante el periodo de la investigación, con la finalidad de poder obtener resultados óptimos, que permitan responder los objetivos, problemas e hipótesis de la investigación (Bernal, 2010, p. 198).

El análisis de los datos se hizo mediante la técnica de regresión lineal asimismo empleando el software MINITAB versión 2018, para determinar la variación entre cada una de las corridas experimentales del diseño.

## **2.7. ASPECTOS ÉTICOS**

Durante el periodo de las pruebas de campo, se han utilizado componentes que no dañan el medio ambiente, los resultados encontrados han sido colocados tal cual, los mismos no han sido alterados intencional ni aleatoriamente.

Los resultados y conclusiones presentados son los que se han obtenido siguiendo los principios de la Conducta Responsable en Investigación.

Al momento de hacer las pruebas finales en la zona de estudio, el distrito de Yanahuanca, se ha procedido con mucho respeto hacia las comunidades y hacia la población beneficiaria.

No se ha dañado el medio ambiente ni se ha creado falsas expectativas con los resultados.

El financiamiento de algunos de los componentes proviene lícitamente de familiares de los autores.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Zona de estudio

En el distrito de Yanahuanca la temperatura mínima anual es de 10 °C y la máxima de 23°C, asimismo cuenta con comunidades campesinas que se orientan al cultivo de equinos, caprinos, etc. Por ende, están presentes las estancias en las cuales los pobladores la dedican a tierra de cultivo y pastoreo y es allí en el cual los servicios de electricidad están ausentes.

Región: Pasco  
Provincia: Daniel Alcides Carrión  
Distrito: Yanahuanca  
Centro Poblado: Pillao  
Latitud Sur: 10° 29' 33" S (-10.49133322000)  
Longitud Oeste: 76° 31' 01" W (-76.51662556000)  
Altitud: 3199 msnm  
Huso horario: UTC-5



*Figura 2.* Estancias alrededor de Yanahuanca



*Figura 3.: Plaza de Yanahuanca*

### **3.2. Componentes**

Se utilizaron celdas Peltier o células termoeléctricas, este material es el más importante del proyecto, ya que es en ella donde se manifiesta el efecto Seebeck que permitirá el funcionamiento del sistema. Para la elaboración del prototipo se utilizaron 8 celdas Peltier modelo TEC1-12706.



Figura 4. Celda Peltier modelo TEC1-12706

Se utilizó un controlador de temperatura Autonics modelo TCN4S-22R con alimentación de 24 VAC / 24-48 VDC y salida de control Relay + SSR (AC/DC), Relay + SSRP (AC).



Figura 5. Controlador de temperatura Autonics TCN4S-22R

Se utilizaron también 2 baterías de la marca CCB, HD SERIES 12HD-37 de 12V y 9AH, las cuales otorgan el voltaje y amperaje suficiente para el arranque del sistema.



Figura 6. Baterías CCB 12V9AH

Se utilizó un relé de estado sólido de la marca Fotek modelo SSR-25DD, con alimentación de 5-32 VDC y salida de 5-60 VDC, que se utilizará como actuador en el sistema de control de la temperatura, enviando y cortando el pulso eléctrico hasta alcanzar la temperatura deseada.



*Figura 7.* Relé de estado sólido Fotek SSR-25DD

Se utilizaron también una resistencia calefactora de nicrom con alimentación de 24 VDC y 64W de potencia, para poder elevar la temperatura del sistema, una plancha de aluminio de 13mm de espesor y un disipador de calor cuadrado de 13cm de lado.

Se utilizó una termocupla de tipo K, la cual permitirá obtener la lectura de temperatura que será enviada al controlador, esta termocupla trabaja en un rango desde 0 a 1100°C, con una longitud del sensor de 100mm y un cable de aproximadamente 2m con protección externa de blindaje metálico.



Figura 8. Termocupla tipo K

Se utilizó un módulo de control de carga XH-M603 de 12-24VDC, el cual permite configurar la carga mínima a la cual empieza la carga y la carga máxima para detenerla; cuenta también con una pantalla digital para poder visualizar el voltaje actual de las baterías.



Figura 9. Módulo de carga XH-M603

Se utilizó un elevador de voltaje DC-DC 6A Boost Step-Up 4.5-32V a 5-42V, el cual permitirá incrementar el voltaje generado por las celdas Peltier, para poder realizar la carga de las baterías y mantener en funcionamiento el sistema.



Figura 10. Elevador de voltaje

Se utilizó un reductor de voltaje DC-DC XL4015 de 4-38V a 1.25-36V 25W, el cual se usará para reducir los 24V voltios entregados por las baterías, hasta un voltaje de 12V para alimentar al tomacorriente y posteriormente a los focos reflectores, así como otros elementos que funcionan a ese voltaje.



Figura 11. Reductor de voltaje

Se utilizaron dos pequeños relojes digitales que indican el voltaje y amperaje, se utilizarán para visualizar estos valores entregados por la celda Peltier, y también para observar la carga de las baterías.



Figura 12. Voltímetro digital amperímetro

Se utilizó un foco tipo reflector LED con alimentación de 12V y 20W de potencia, el cual al igual que las celdas Peltier, es elemento fundamental para la iluminación.



*Figura 13.* Foco reflector Led 12V 20W

Se utilizaron dos interruptores termomagnéticos para permitir y cortar el pase de la corriente eléctrica y proteger los elementos ante cualquier falla en el sistema.



*Figura 14.* Interruptor termomagnético

Se utilizó un tomacorriente hermético, el cual servirá como punto de alimentación para poder conectar los focos reflectores de forma segura.



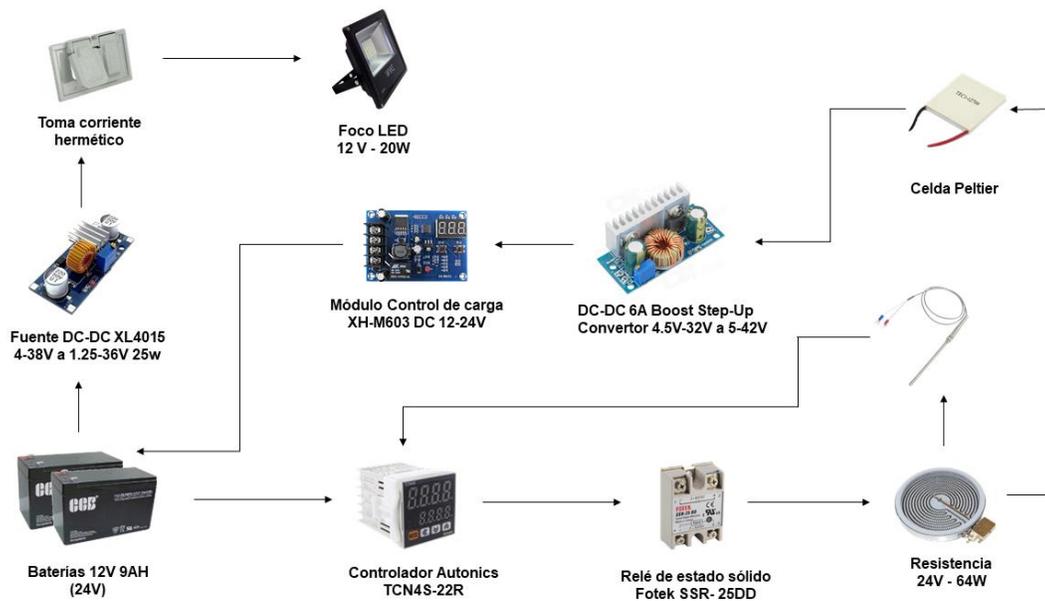
*Figura 15.* Interruptor termomagnético

También se utilizó un tablero eléctrico de 15x35x45cm de longitud para ubicar los elementos y realizar las conexiones. Los elementos mencionados no son todos, pero si los más importantes dentro del sistema, también se utilizaron cables, terminales, pernos y tuercas.

### 3.3 Sistema y su funcionamiento

#### Construcción del prototipo

El sistema de iluminación LED, está compuesto por todos los elementos mencionados en el apartado anterior y la forma en la que se relacionan se pueden observar en la *Figura16*, además de elementos adicionales que permiten el correcto funcionamiento de estos dispositivos.



*Figura 16.* Arquitectura general del sistema de iluminación usando celdas Peltier

Para la elaboración del prototipo, se ha dividido en tres sistemas principales; el sistema de control de temperatura, el sistema de control de carga y el generador Peltier, además de un sistema de alimentación adicional, con componentes adicionales, como relojes digitales.

### Sistema de Control de Temperatura

El sistema de control de temperatura, está conformado según el diagrama de bloques que se presenta.

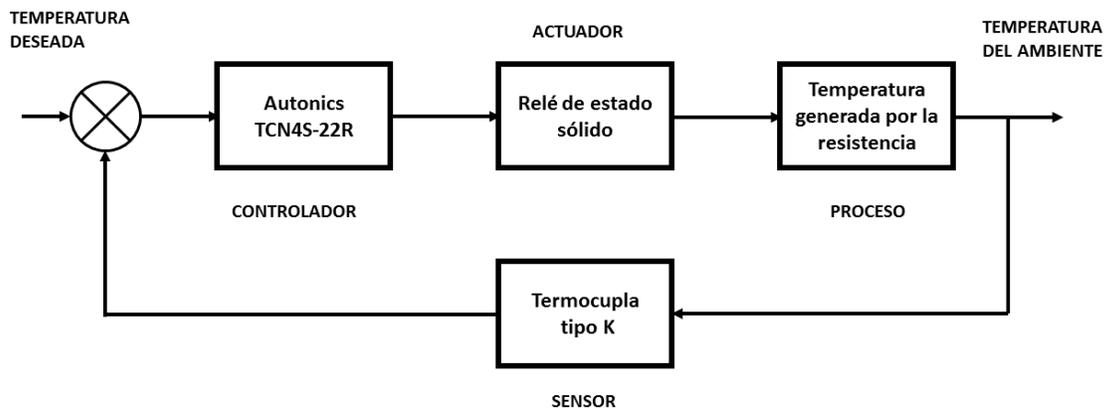


Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de control de temperatura

Para su elaboración primero se configuró el controlador Autonics TCN4S-22R ingresando al menú de opciones, se presionó el botón MODE por 4 segundos para ingresar al segundo grupo de parámetros (Par2), la primera opción es para elegir el tipo de sensor que dará la lectura de entrada (In-t), ahí seleccionamos la opción kCAL, de esta forma indicamos que utilizaremos una Termocupla tipo K para la lectura de la temperatura.

Luego en el mismo grupo de parámetros (Par2), se debe avanzar hasta la novena opción, presionando el botón MODE, y llegamos a la opción tipo de control de salida (oUt), ahí seleccionamos la opción SSr.ñ, indicando que utilizaremos un relé de estado sólido, como actuador para el sistema de control, finalmente se eligieron los parámetro del control ingresando al primer grupo de parámetros (Par1), se seleccionó una banda proporcional (P) de 25, un tiempo integral (I) de 1 y un tiempo derivativo (d) de 3 , una vez configurado el controlador se unieron los elementos del sistema como se muestra en el siguiente diagrama.

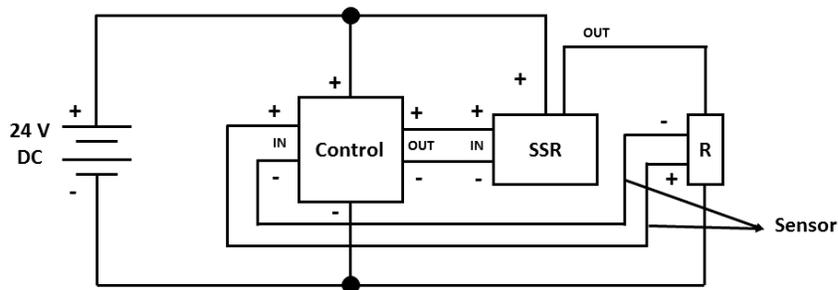


Figura 18. Conexiones eléctricas del sistema de control de temperatura

Las conexiones del controlador Autonics TCN4S, se realizaron de la siguiente manera: los terminales 5 y 6 son para la alimentación eléctrica, siendo el negativo y positivo respectivamente. Para detectar la señal de entrada entregada por el sensor, el controlador posee 3 terminales, el 10,11 y 12, por tratarse de una termocupla, solo se usaron los terminales 10 y 11, como negativo y positivo respectivamente, finalmente para entregar la señal de salida al relé de estado sólido, se utilizaron los terminales 1 y 2, como positivo y negativo respectivamente. Lo mencionado se puede visualizar en el siguiente esquema.

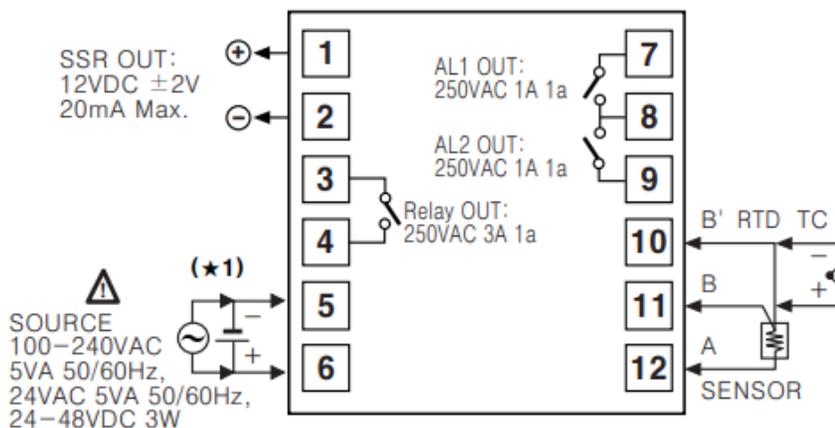


Figura 19. Terminales del controlador Autonics TC4NS

Realizadas las conexiones mencionadas, se logró obtener armado el sistema de control para la temperatura del sistema. Para poder seleccionar la temperatura deseada, solo se debe aumentar o subir el valor con los botones del controlador, en la pantalla principal.

### Sistema de Control de Carga

Es sistema de control para la carga de las baterías, está conformado como se muestra en el siguiente diagrama.

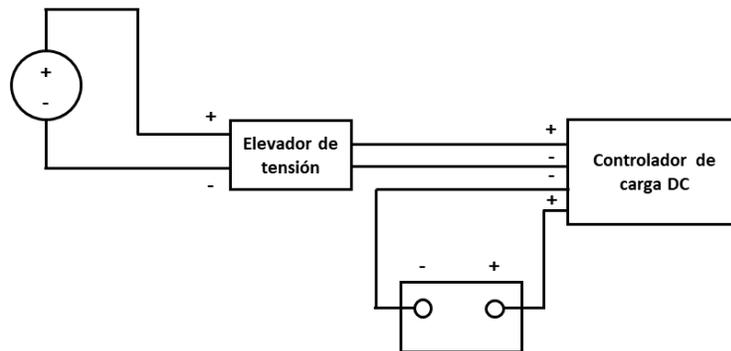


Figura 20. Conexiones eléctricas sistema de control de carga

En este caso, se realizó el trabajo de control con un módulo controlador de carga XH-M603, para baterías de 12-24 VDC, para su configuración se eligió la tensión de arranque (tensión mínima para empezar la carga) presionando el botón izquierdo por 3 segundos y luego la tensión de parada (carga máxima para detener la carga) presionando el botón derecho por 3 segundos.

En nuestro caso, conectamos en serie 2 baterías de 12 V para obtener en total 24 V que alimenten los elementos de control, por ello se estableció como tensión mínima 24V y como tensión máxima 28V, es decir que cuando la carga de la batería sea inferior a 24V, el controlador activa el relé que posee para permitir el paso de la corriente y así empiece la carga, por el contrario, cuando llegue a 28V, el relé se cerraría para impedir el paso de la corriente.

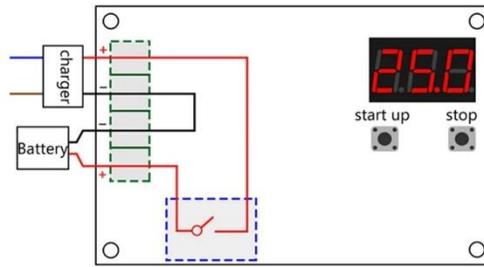


Figura 21. Estructura del controlador XH-M603

Completando el circuito, se planteó utilizar como fuente el voltaje generado por las celdas Peltier, elevando dicha tensión con un Boost Step-Up Conversor 4.5-32V a 5-42V, esta tensión elevada, se conectaron a los terminales de alimentación del controlador, y finalmente los otros terminales del controlador, se conectaron a las baterías, previamente unidas en serie, esta conexión permitirá la carga de las baterías, así como la lectura del voltaje actual, la cual se puede visualizar en una pantalla digital integrada al controlador de carga.

### **Generador Peltier**

El centro del trabajo es en base a las celdas de Peltier, por ello se fabricó un generador que permita aprovechar el efecto termoeléctrico para obtener así el voltaje eléctrico deseado. Para su elaboración se utilizaron 8 celdas Peltier modelo TEC1-12706, sobre las cuales se aplicarán las diferentes temperaturas, según el fabricante la cara a enfriarse es donde se encuentra la inscripción del modelo, mientras que la cara a calentar se encuentra en blanco.

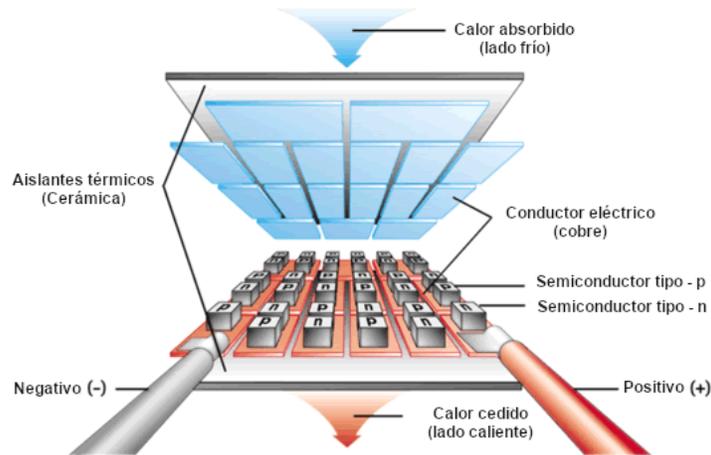
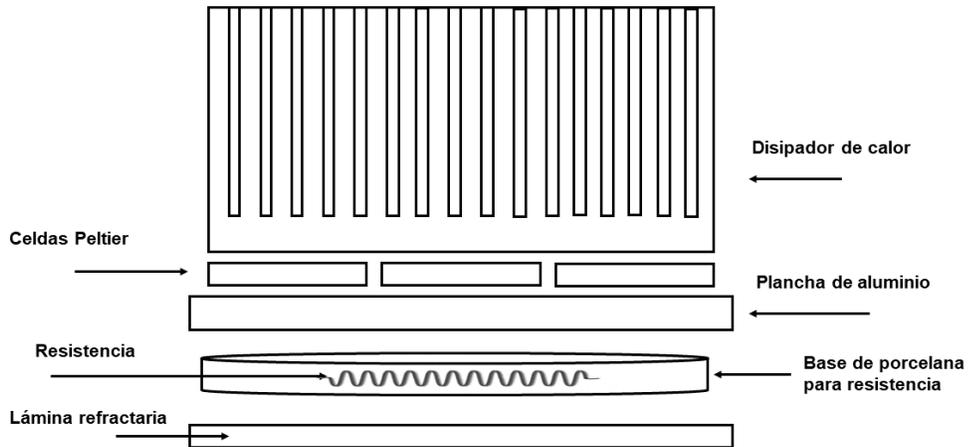


Figura 22. Estructura interna de una celda Peltier

Para poder obtener mayor cantidad de voltaje se conectaron en serie las 8 celdas Peltier a utilizar, logrando así, sumar la tensión obtenida por cada una de ellas.

Para poder calentar las celdas, se utilizó una resistencia calefactora de nicrom, la cual poseía 64W de potencia con una alimentación de 24V, sin embargo, este elemento se encontraba en forma de serpentín, por lo cual se tuvo que armar una superficie lisa para el contacto con las celdas.

La resistencia se extendió en el interior de una base de porcelana utilizada en cocinas eléctricas, esta misma base, se lijó por la parte superior para alisarla y tener mejor contacto con la plancha de aluminio de 13mm de espesor que se colocó encima, con ello se consiguió suministrar el calor para que se manifieste el efecto Seebeck.



*Figura 23.* Componentes del generador Peltier

Por otro lado, para poder enfriar las otras caras de las celdas Peltier, se utilizó un disipador de calor con las mismas medidas de la plancha de aluminio que se usó para calentar (13x13cm), adheridas a las celdas con pasta térmica para mejor transferencia y disipación del calor. Para evitar el calentamiento del tablero principal, se colocó en la parte inferior de la resistencia, una placa de 13x13cm para aislar el calor producido por ella.

También se realizó un maquinado en la plancha a calentar, se le realizó un agujero de 6mm de grosor y 8 cm de largo aproximadamente para introducir la termocupla, poder obtener una lectura más exacta y fijación del sensor. Se le realizó un agujero en el centro de la plancha de aluminio, la placa refractaria, y un agujero con rosca en el disipador para poder unir todos los elementos.

## Funcionamiento

El arranque del dispositivo está controlado con un interruptor que se encuentra en la parte posterior, primero se enciende el interruptor, para alimentar todo el sistema. Luego se da inicio accionando el interruptor como se muestra en la Figura 24a-2, con ello empieza a actuar el sistema de control de temperatura, el controlador Autonics recibe la lectura de la termocupla situada en la plancha de aluminio, y acciona el relé de estado sólido para que permita el paso de la corriente hacia la resistencia y calentar la plancha hasta la temperatura deseada.

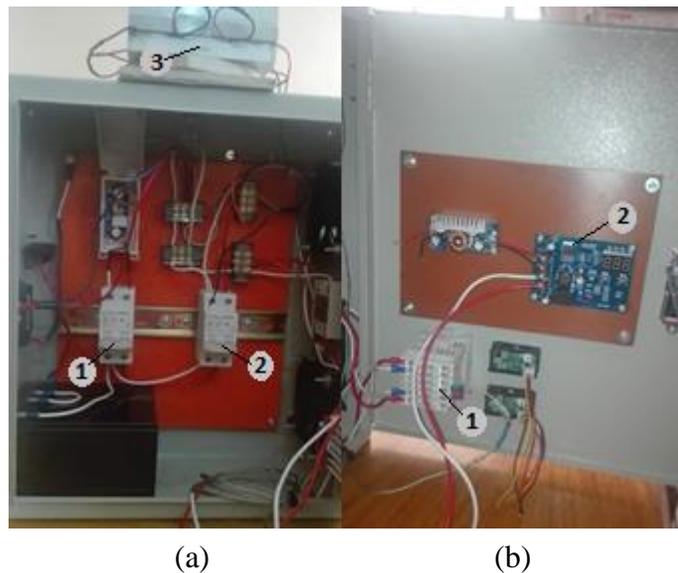


Figura 24. (a) Interior del sistema: (1) Interruptor para 24V, (2) Interruptor para 12V, (3) Generador Peltier. (b) Posterior de la tapa: (1) Controlador Autonics TC4NS, (2) Controlador XH-M603

El controlador al encenderse, muestra en su pantalla dos valores los cuales se pueden observar en la Figura 25. De color verde se encuentra la temperatura deseada, hasta la cual el sistema llevará, mientras que de color rojo se observa la temperatura actual entregada por el sensor, la cual irá subiendo hasta llegar a la temperatura deseada.



*Figura 25.* Cara frontal del tablero: (1) Voltios generados por las celdas, (2) Voltaje de la batería, (3) Temperatura actual del sistema, (4) Temperatura deseada.

Conforme se fue incrementando la temperatura, el voltaje generado por las celdas Peltier se visualizó mediante un pequeño voltímetro amperímetro, como se puede observar en la Figura 25, y con otro voltímetro se visualizó la carga actual de la batería.

El sistema de control de temperatura funciona de manera automática y se detiene cuando el valor de la temperatura actual alcanza el valor deseado, en ese momento el relé deja de funcionar impidiendo el paso de corriente a la resistencia, solo lo hará por pequeños momentos para mantener la temperatura deseada.

El sistema de control de carga, de igual manera funciona de forma automática, ya que cuando la carga de las baterías es menor a la configurada anteriormente, se activa un pequeño relé que permite el paso de la corriente para iniciar la carga, esta corriente de entrada es la generada por las celdas Peltier, llegado a este punto el sistema se hace sostenible, ya que la energía generada por las celdas permitirá alimentar a las baterías cuando se descarguen y estas a su vez permiten el funcionamiento de los demás componentes, incluyendo el tomacorrientes para el foco LED, el cual servirá para la iluminación.

Durante las pruebas, el tiempo de duración de la carga de las baterías no permitió llegar a este punto, sin embargo, se obtuvieron resultados satisfactorios los cuales se mostrarán posteriormente. Por lo tanto, las pruebas terminan en el momento que la carga se agota.

### 3.3. Resultados obtenidos

Las pruebas se realizaron durante 3 días consecutivos a diferentes horas para tener resultados más exactos, el resumen de resultados de cada prueba se observa en los siguientes cuadros.

**Tabla 1.**

*Resumen prueba experimental N°1*

Datos Generales					
Fecha	29/11/2018	Hora Inicio	11:43 a. m.	T Inicial Sistema	26.6 °C
T Ambiente	25 °C	Hora Final	11:59 a. m.	Tiempo Total	16 min
Resultados					
Voltaje mínimo	0.3 V	$\Delta T$ mínimo	4.8 °C	Potencia mínima	0.36 W
Voltaje máximo	3.6 V	$\Delta T$ máximo	19.8 °C	Potencia máxima	4.32 W

Fuente: Recopilado de fichas de observación

**Tabla 2.***Resumen prueba experimental N°2*

Datos Generales					
Fecha	30/11/2018	Hora Inicio	7:35 p. m.	T Inicial Sistema	11.3 °C
T Ambiente	10.9 °C	Hora Final	7:51 p. m.	Tiempo Total	16 min
Resultados					
Voltaje mínimo	0.3 V	$\Delta T$ mínimo	0 °C	Potencia mínima	0.36 W
Voltaje máximo	2.5 V	$\Delta T$ máximo	9.5 °C	Potencia máxima	3.0 W

Fuente: Recopilado de fichas de observación

**Tabla 3.***Resumen prueba experimental N°3*

Datos Generales					
Fecha	1/12/2018	Hora Inicio	7:16 p. m.	T Inicial Sistema	16.1 °C
T Ambiente	11.3 °C	Hora Final	7:24 p. m.	Tiempo Total	8 min
Resultados					
Voltaje mínimo	0.3 V	$\Delta T$ mínimo	0 °C	Potencia mínima	0.36 W
Voltaje máximo	1.4 V	$\Delta T$ máximo	4.9 °C	Potencia máxima	1.68 W

Fuente: Recopilado de fichas de observación

Las tablas presentadas, indican los datos generales de cada prueba experimental, de igual manera, se observa el voltaje mínimo y máximo obtenido para cada prueba realizada, la diferencia de temperatura máxima y mínima en cada prueba y la potencia máxima y mínima en cada una de ellas.

Los resultados completos obtenidos durante las pruebas experimentales y los datos recopilados en la ficha de observación en los 3 días de pruebas realizados, sobre los cuales se realizarán los análisis posteriores se muestran a continuación.

Prueba experimental N°1					
Fecha	29/11/2018				
Hora Inicio	11:43:00 a. m.			Flujo Luminoso (lm)	1800
Hora Final	11:59:00 a. m.			Consumo kWh	0.02 kWh
T Ambiente (°C)	25			Autonomía (h)	0.27
T Inicial Sistema (°C)	26.6				
Tiempo Total	16 min				
T (°C)	V Gen (V)	V Bat (V)	Amperaje (A)	Potencia (W)	$\Delta T$ (°C)
26.60	0.30	24.00	1.20	0.36	0.00
26.70	0.40	23.80	1.20	0.48	0.10
26.90	0.50	23.70	1.20	0.60	0.30
27.20	0.60	23.70	1.20	0.72	0.60
27.70	0.70	23.70	1.20	0.84	1.10
28.10	0.80	23.60	1.20	0.96	1.50
28.30	0.90	23.60	1.20	1.08	1.70
28.70	1.00	23.60	1.20	1.20	2.10
29.00	1.10	23.60	1.20	1.32	2.40
29.50	1.20	23.60	1.20	1.44	2.90
29.80	1.30	23.60	1.20	1.56	3.20
30.20	1.40	23.50	1.20	1.68	3.60
30.80	1.50	23.50	1.20	1.80	4.20
31.40	1.60	23.50	1.20	1.92	4.80
31.70	1.70	23.40	1.20	2.04	5.10
32.40	1.80	23.40	1.20	2.16	5.80
32.90	1.90	23.30	1.20	2.28	6.30
33.20	2.00	23.00	1.20	2.40	6.60
33.70	2.10	22.40	1.20	2.52	7.10
34.40	2.20	21.90	1.20	2.64	7.80
34.80	2.30	21.10	1.20	2.76	8.20
35.20	2.40	19.20	1.20	2.88	8.60
36.10	2.50	19.20	1.20	3.00	9.50

Figura 26. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°1

Prueba experimental N°2					
Fecha	30/11/2018				
Hora Inicio	7:35:00 p. m.			Flujo Luminoso (lm)	1800
Hora Final	7:51:00 p. m.			Consumo kWh	0.02 kWh
T Ambiente (°C)	10.9			Autonomía (h)	0.27
T Inicial Sistema (°C)	11.3				
Tiempo Total	16 min				
T (°C)	V Gen (V)	V Bat (V)	Amperaje (A)	Potencia (W)	$\Delta T$ (°C)
16.10	0.30	24.00	1.20	0.36	4.80
16.50	0.40	24.00	1.20	0.48	5.20
16.80	0.50	24.00	1.20	0.60	5.50
17.00	0.60	24.00	1.20	0.72	5.70
17.30	0.70	24.00	1.20	0.84	6.00
17.80	0.80	24.00	1.20	0.96	6.50
18.10	0.90	23.90	1.20	1.08	6.80
18.20	1.00	23.90	1.20	1.20	6.90
18.60	1.10	23.90	1.20	1.32	7.30
19.00	1.20	23.90	1.20	1.44	7.70
19.30	1.30	23.90	1.20	1.56	8.00
19.60	1.40	23.90	1.20	1.68	8.30
20.20	1.50	23.90	1.20	1.80	8.90
20.50	1.60	23.90	1.20	1.92	9.20
20.80	1.70	23.90	1.20	2.04	9.50
21.40	1.80	23.80	1.20	2.16	10.10
21.70	1.90	23.80	1.20	2.28	10.40
22.20	2.00	23.80	1.20	2.40	10.90
22.80	2.10	23.80	1.20	2.52	11.50
23.10	2.20	23.80	1.20	2.64	11.80
23.60	2.30	23.80	1.20	2.76	12.30
24.30	2.40	23.70	1.20	2.88	13.00
24.40	2.50	23.70	1.20	3.00	13.10
25.10	2.60	23.70	1.20	3.12	13.80
25.60	2.70	23.70	1.20	3.24	14.30
25.80	2.80	23.70	1.20	3.36	14.50
26.80	2.90	23.60	1.20	3.48	15.50
27.20	3.00	23.60	1.20	3.60	15.90
28.40	3.10	23.60	1.20	3.72	17.10
29.20	3.20	23.50	1.20	3.84	17.90
29.80	3.30	23.50	1.20	3.96	18.50
30.30	3.40	23.40	1.20	4.08	19.00
30.80	3.50	23.40	1.20	4.20	19.50
31.10	3.60	22.30	1.20	4.32	19.80

Figura 27. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°2

Prueba experimental N°3					
Fecha	1/12/2018				
Hora Inicio	7:16:00 p. m.			Flujo Luminoso (lm)	1800
Hora Final	7:24:00 p. m.			Consumo kWh	0.02 kWh
T Ambiente (°C)	11.3			Autonomía (h)	0.13
T Inicial Sistema (°C)	16.1				
Tiempo Total	8 min				
T (°C)	V Gen (V)	V Bat (V)	Amperaje (A)	Potencia (W)	$\Delta T$ (°C)
11.30	0.30	23.40	1.20	0.36	0.00
11.40	0.40	23.40	1.20	0.48	0.10
11.80	0.50	23.30	1.20	0.60	0.50
12.30	0.60	23.30	1.20	0.72	1.00
12.70	0.70	23.30	1.20	0.84	1.40
13.30	0.80	23.20	1.20	0.96	2.00
13.50	0.90	23.20	1.20	1.08	2.20
14.20	1.00	23.00	1.20	1.20	2.90
14.50	1.10	22.40	1.20	1.32	3.20
14.90	1.20	21.60	1.20	1.44	3.60
15.60	1.30	21.20	1.20	1.56	4.30
16.20	1.40	20.10	1.20	1.68	4.90

Figura 28. Resultados obtenidos de la prueba experimental N°2

Para determinar la diferencia de temperatura óptima que nos permita generar los 12V requeridos, se empleó el modelo de pronóstico de regresión lineal, para ello tomamos como referencia los resultados obtenidos en las corridas experimentales, tomando como variable las diferencias de temperaturas y como resultado el voltaje generado.

### Prueba experimental N°1

**Tabla 4.**

*Datos generales prueba experimental N°1*

Datos Generales					
Fecha	29/11/2018	Hora Inicio	11:43 a. m.	T Inicial Sistema	26.6 °C
T Ambiente	25 °C	Hora Final	11:59 a. m.	Tiempo Total	16 min

Fuente: Recopilado de fichas de observación

**Tabla 5.***Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°1*

$\Delta T$ (°C)	V Gen (V)	$\Delta T \times V$	$\Delta T^2$	$V^2$
1	0.6	0.6	1	0.36
2	0.9	1.8	4	0.81
3	1.2	3.6	9	1.44
4	1.4	5.6	16	1.96
5	1.6	8.0	25	2.56
6	1.8	10.8	36	3.24
7	2.0	14	49	4.00
8	2.2	17.6	64	4.84
9	2.4	21.6	81	5.76
45	14.1	83.6	285	24.97

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se obtienen los siguientes parámetros

$$\bar{T} = 5, \quad \bar{V} = 1.5667, \quad n = 9, \quad b_0 = 0.4570, \quad b_1 = 0.2183$$

Por lo tanto, la ecuación para determinar el voltaje en función de la diferencia de temperaturas para este caso, es la siguiente:

$$T(\Delta t) = 0.4750 + 0.2183(\Delta t)$$

El cálculo realizado, se comprobó con el resultado obtenido en el software Minitab.

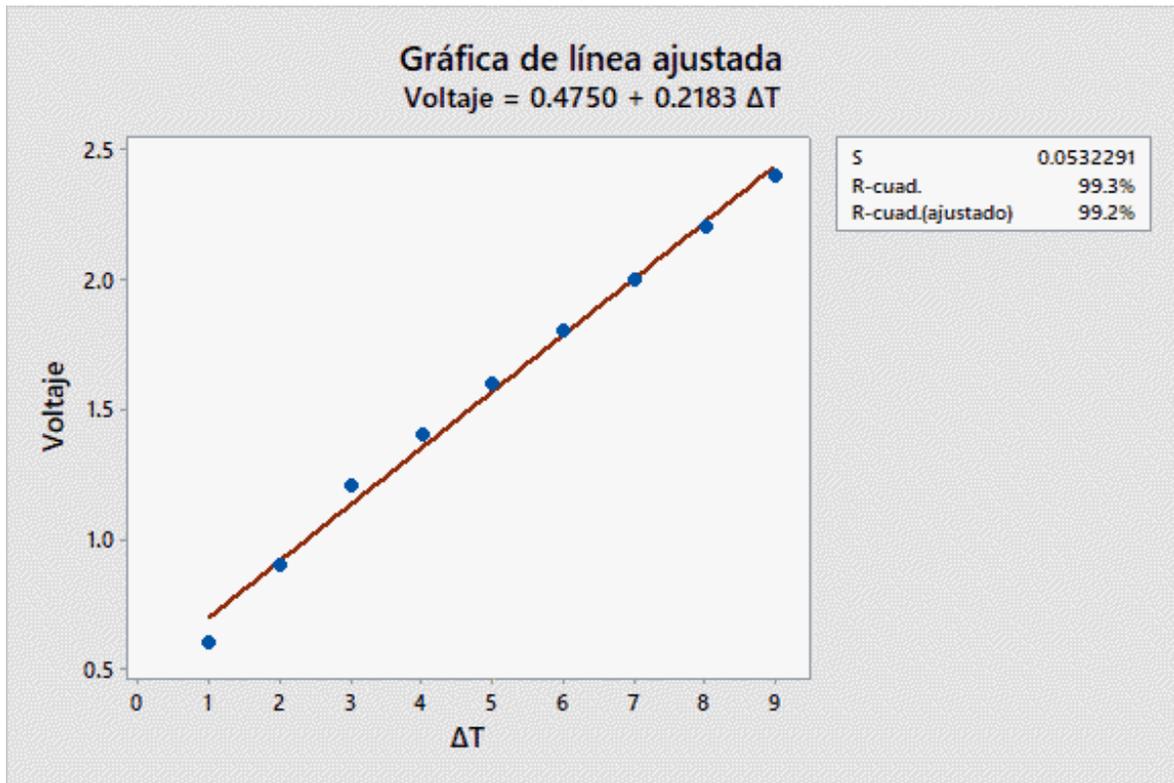


Figura. 29. Línea ajustada  $R^2 = 99.3$

En síntesis, para poder generar los 12V requeridos por el sistema, reemplazando este valor en la ecuación, como se muestra:

$$12 = 0.4750 + 0.2183(\Delta t)$$

$$\Delta t = \frac{11.5250}{0.2183}$$

$$\Delta t = 52.79^\circ\text{C}$$

Se debe obtener una diferencia de 52.79 °C

La tendencia de la función proyectada hasta poder generar 12 V se observa en el siguiente gráfico

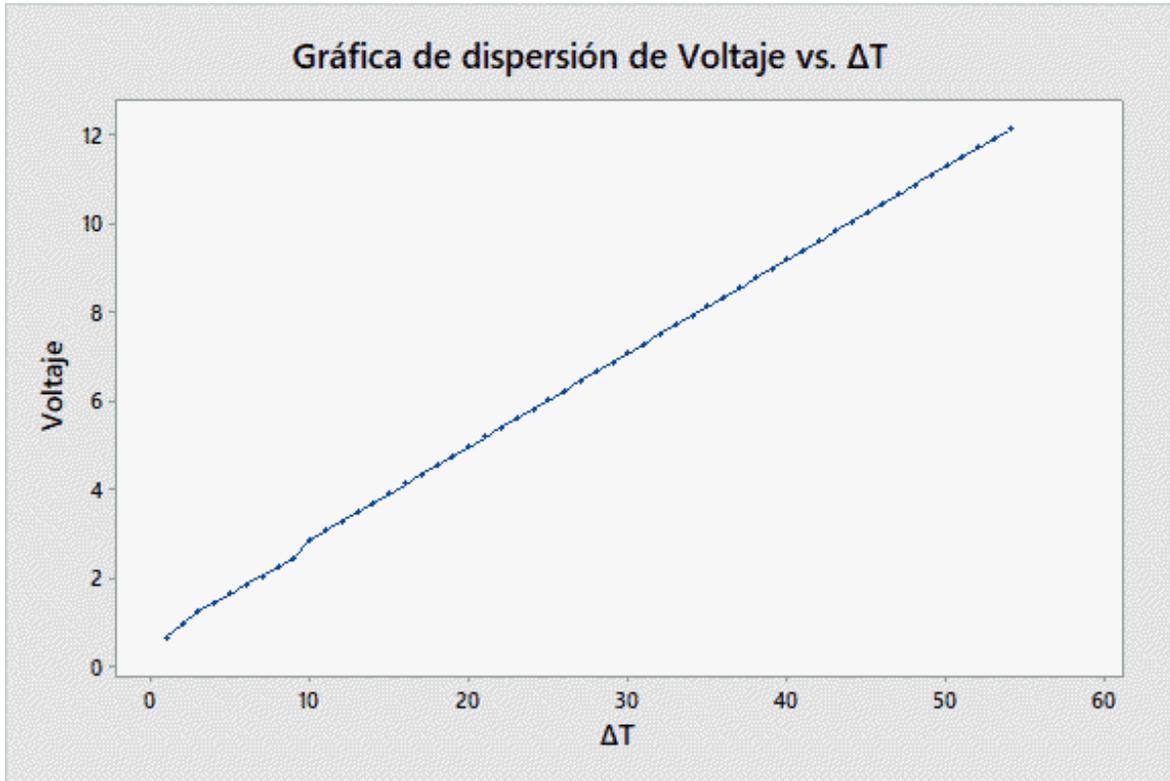


Figura 30. Dispersión de voltaje con  $\Delta T = 52.79 \text{ }^\circ\text{C}$

## Prueba experimental N°2

### Tabla 6.

*Datos generales prueba experimental N°2*

Datos Generales					
Fecha	30/11/2018	Hora Inicio	7:35 p. m.	T Inicial Sistema	11.3 °C
T Ambiente	10.9 °C	Hora Final	7:51 p. m.	Tiempo Total	16 min

Fuente: Recopilado de fichas de observación

**Tabla 7.***Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°2*

$\Delta T$ (°C)	V Gen (V)	$\Delta T \times V$	$(\Delta T)^2$	$V^2$
1	0.6	0.6	1	0.36
2	0.9	1.8	4	0.81
3	1.2	3.6	9	1.44
4	1.4	5.6	16	1.96
5	1.7	8.5	25	2.89
6	1.9	11.4	36	3.61
7	2.2	15.4	49	4.84
8	2.3	18.4	64	5.29
9	2.6	23.4	81	6.76
10	2.8	28	100	7.84
11	2.9	31.9	121	8.41
12	3	36	144	9
13	3.1	40.3	169	9.61
14	3.3	46.2	196	10.89
15	3.6	54	225	12.96
120	33.5	325.1	1240	86.67

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se obtienen los siguientes parámetros

$$\bar{T} = 8, \quad \bar{V} = 2.2333, \quad n = 15, \quad b_0 = 0.6019, \quad b_1 = 0.2039$$

Por lo tanto, la ecuación para determinar el voltaje en función de la diferencia de temperaturas para este caso, es la siguiente:

$$T(\Delta t) = 0.6019 + 0.2039(\Delta t)$$

El cálculo realizado, se comprobó con el resultado obtenido en el software Minitab.

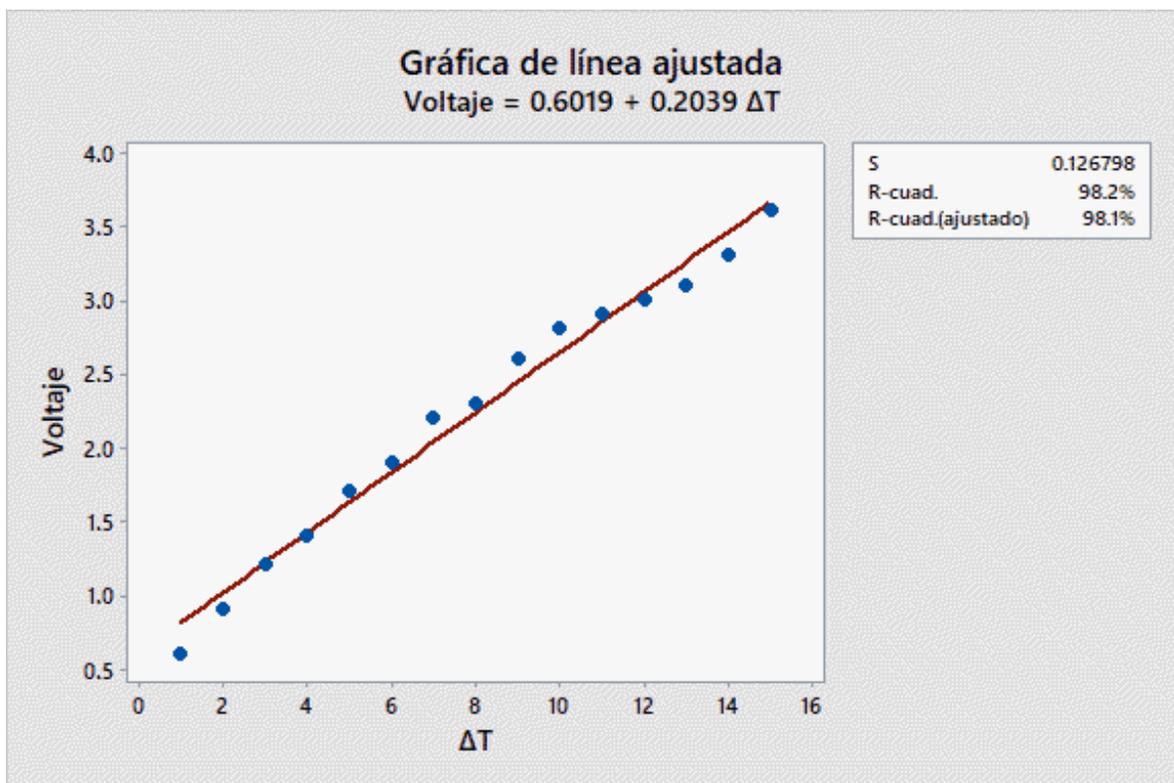


Figura 31. Línea ajustada  $R^2 = 98.2$

En síntesis, para poder generar los 12V requeridos por el sistema, reemplazando este valor en la ecuación, como se muestra:

$$12 = 0.6019 + 0.2039(\Delta t)$$

$$\Delta t = \frac{11.3981}{0.2039}$$

$$\Delta t = 55.90^{\circ}\text{C}$$

Se debe obtener una diferencia de 55.90 °C

La tendencia de la función proyectada hasta poder generar 12 V se observa en el siguiente gráfico

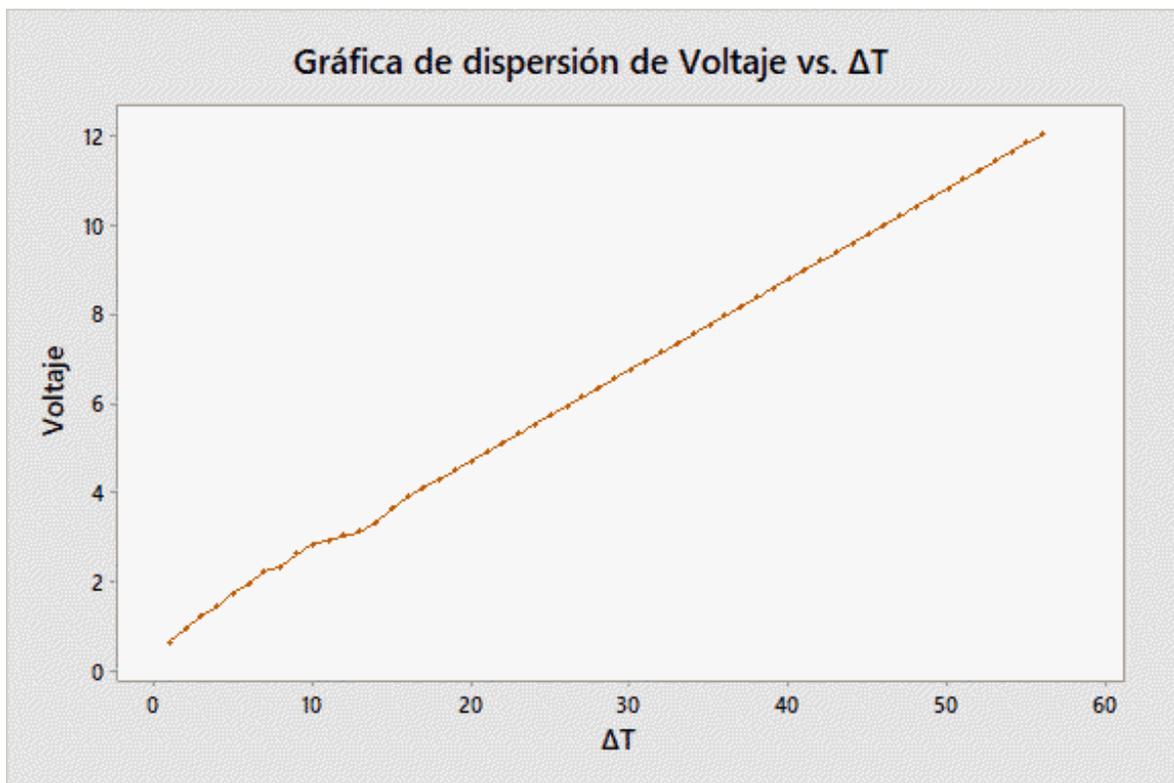


Figura 32. Dispersión de voltaje con  $\Delta T = 55.90^{\circ}\text{C}$

### Prueba experimental N°3

**Tabla 8.**

*Datos generales prueba experimental N°3*

Datos Generales					
Fecha	1/12/2018	Hora Inicio	7:16 p. m.	T Inicial Sistema	16.1 °C
T Ambiente	11.3 °C	Hora Final	7:24 p. m.	Tiempo Total	8 min

Fuente: Recopilado de fichas de observación

**Tabla 9.**

*Análisis de regresión lineal para la prueba experimental N°3*

$\Delta T$ (°C)	V Gen (V)	$\Delta T \times V$	$(\Delta T)^2$	$V^2$
1	0.6	0.6	1	0.36
2	0.8	1.6	4	0.64
3	1	3	9	1
4	1.2	4.8	16	1.44
5	1.4	7	25	1.96
15	5	17	55	5.4

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se obtienen los siguientes parámetros

$$\bar{T} = 3, \quad \bar{V} = 1.00, \quad n = 5, \quad b_0 = 0.40, \quad b_1 = 0.20$$

Por lo tanto, la ecuación para determinar el voltaje en función de la diferencia de temperaturas para este caso, es la siguiente:

$$T(\Delta t) = 0.40 + 0.20(\Delta t)$$

El cálculo realizado, se comprobó con el resultado obtenido en el software Minitab.

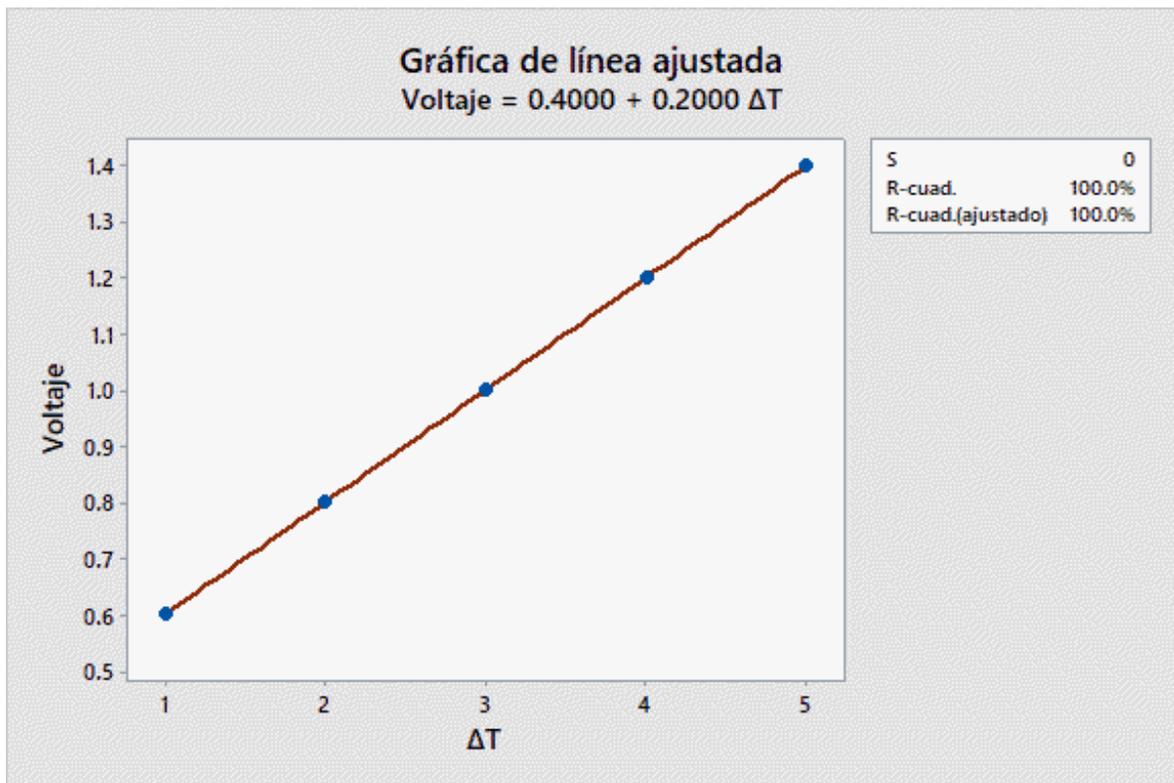


Figura 33. Línea ajustada  $R^2 = 100$

En síntesis, para poder generar los 12V requeridos por el sistema, reemplazando este valor en la ecuación, como se muestra:

$$12 = 0.40 + 0.20(\Delta t)$$

$$\Delta t = \frac{11.60}{0.20}$$

$$\Delta t = 58.00^{\circ}\text{C}$$

Se debe obtener una diferencia de 58.0 °C

La tendencia de la función proyectada hasta poder generar 12 V se observa en el siguiente gráfico

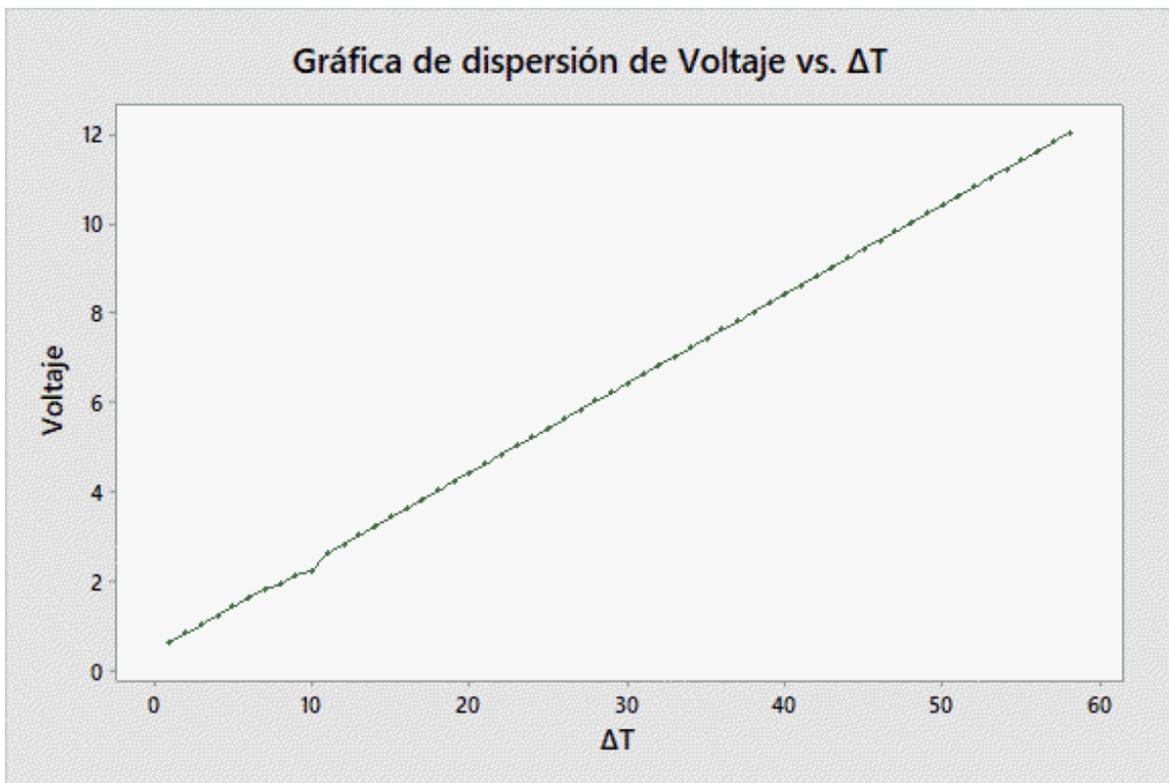
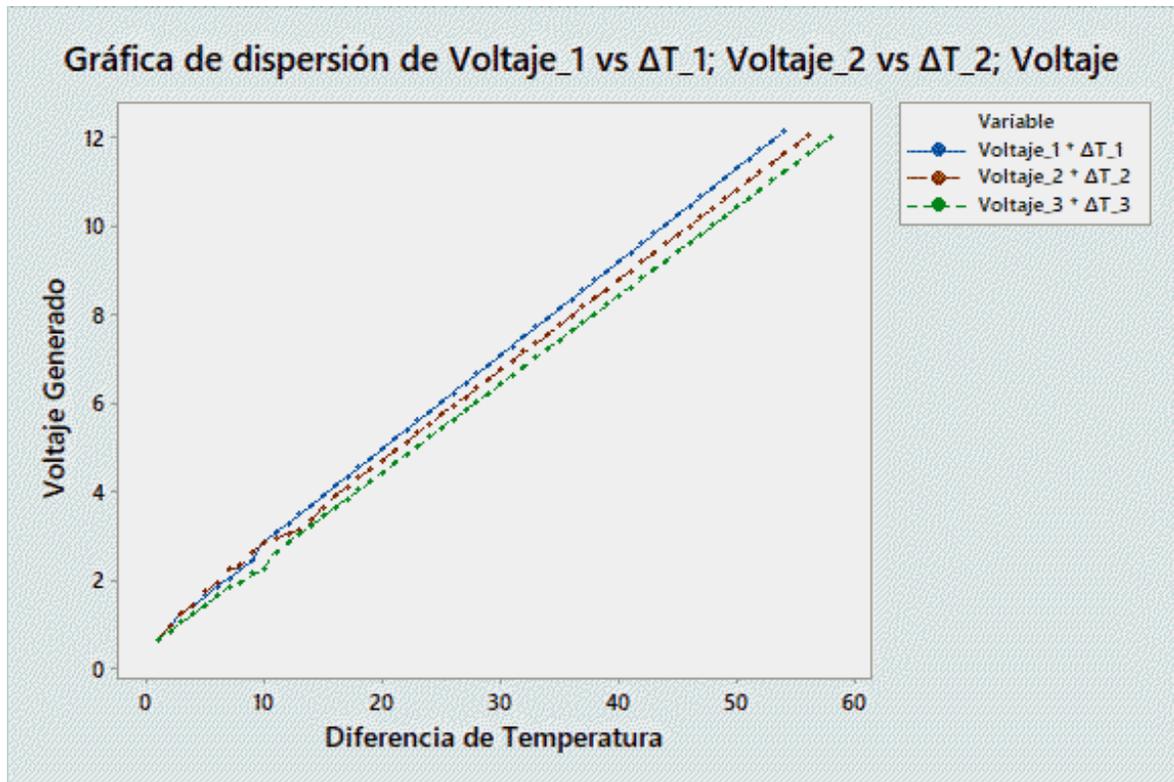


Figura 34. Dispersión de voltaje con  $\Delta T = 58.00^{\circ}\text{C}$

En la *Figura 35.*, se muestra el comportamiento de las 3 ecuaciones obtenidas para determinar el voltaje generado por las celdas, en función de la diferencia de temperatura. Se puede observar que en la prueba N°1 se obtiene el voltaje de 12V con una menor diferencia de temperatura (52,79°C), mientras que en la prueba N°2 se obtienen los 12V con una mayor diferencia de temperatura (58°C)



*Figura 35.* Dispersión de voltaje (Comparación de las 3 pruebas experimentales)

Así mismo, se realizó un análisis estadístico descriptivo sobre cada uno de los incrementos generado entre cada valor de temperatura que permitieron generar un incremento de 0.1V registrados durante la realización de las 3 pruebas. Teniendo en total 66 datos, cuyos resultados se muestran a continuación.

### Estadísticos descriptivos: Ince de Temp

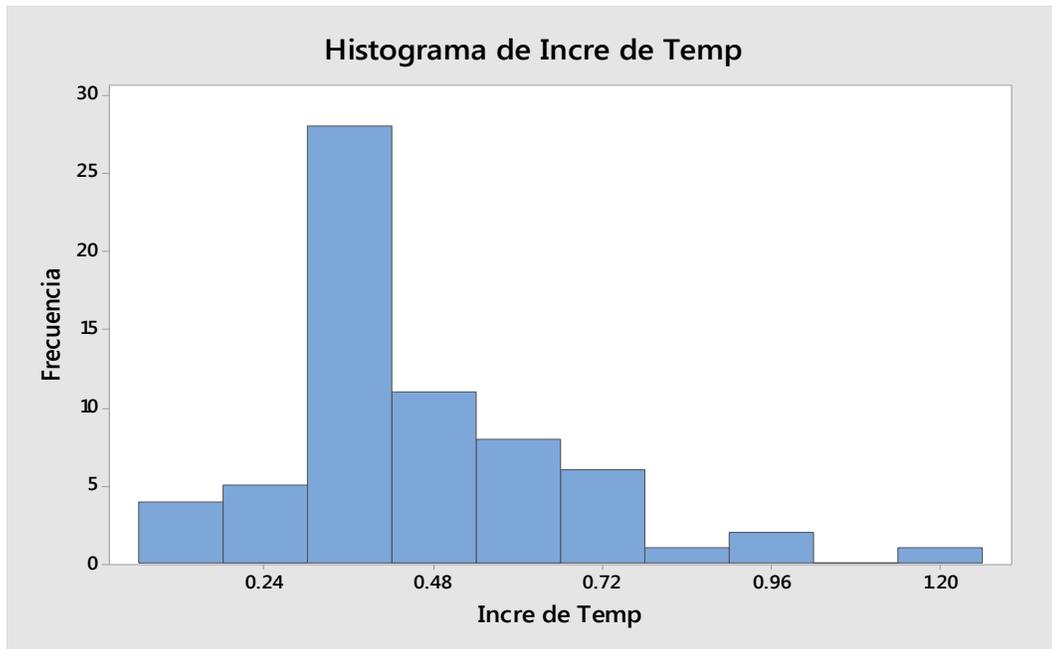
#### Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Ince de Temp	66	0	0.4455	0.2135	0.0456	0.1000	0.3000	0.4000	0.6000	1.2000

*Figura 36.* Estadísticos descriptivos de incremento de temperatura

Se puede observar en la *Figura36* que de los valores obtenidos el mínimo fue de 0.1 y el máximo de 1.2°C, es decir que tanto con 0.1°C de incremento en la temperatura del sistema, como con un incremento de 1.2°C, se logró generar 0.1V entregados por las celdas Peltier.

De igual manera, el valor promedio entre estos valores, fue de 0.4455°C, es decir que, con este valor en el incremento de temperatura, se podrá conseguir aumentar el voltaje generado en 0.1V.



*Figura 37.* Histograma de incremento de temperatura

En el histograma presentado se puede visualizar que la barra más pronunciada representa al valor con mayor frecuencia, es decir, la moda con un valor de  $0.3^{\circ}\text{C}$

#### **IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se presentará el detalle de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación y se confrontará con las teorías y estudios realizados en los trabajos mencionados anteriormente.

- De los resultados obtenidos entre las 3 pruebas realizadas, se destacan los de la prueba experimental N°2 debido a que se recopilamos mayor cantidad de datos, de ella obtuvimos un voltaje generado de 3.6V con una gradiente de temperatura de 19.8 °C, sin embargo, para este estudio utilizamos 8 celdas Peltier conectadas en serie, esto equivale a 0.45V generados por cada celda nos muestran. El autor Moya, en su tesis titulada Estudio de aplicación de células Peltier para la obtención de electricidad en automóviles con motivo de optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica de Valencia, en el año 2018, en la ciudad de Valencia – España; cuyo objetivo principal obtener energía eléctrica a través del calor residual que emiten los vehículos o maquinarias mediante el uso de las células Peltier, logró obtener 0.64V a una diferencia de temperatura de 18.3°C, de esto podemos deducir que a la misma diferencia de temperatura de nuestro estudio, se generó un voltaje de 0.69V, siendo un valor superior pero no muy lejano a los 0.45V obtenidos por nosotros.
- Según la ecuación obtenida en la prueba experimental N°2, la gradiente de temperatura para generar 5V, debe ser de 32.9°C, sin embargo, teniendo en cuenta que este voltaje es el total de las 8 celdas concertadas en serie, para que cada una genere 5V, el voltaje total sería de 40V, para este valor la gradiente de temperatura según la ecuación debe ser de 193.2°C, el cual consideramos demasiado elevado. El autor Medrano L., en su tesis con el título “Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica” con motivo de optar el título de Ingeniero en Energía Renovables en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas en el año 2016, en la ciudad de Tuxtla – México; cuyo objetivo principal diseñar, construir y evaluar un generador termoeléctrico por efecto Seebeck para proveer una fuente de energía eléctrica e iluminación en viviendas que cuenten con estufas ecológicas, para poder generar un voltaje de 5.1V, mantuvo una gradiente de temperatura de 73°C en promedio.

## **V. CONCLUSIONES**

Luego de haber realizado un análisis mediante el modelo de regresión lineal en base a los datos recolectados de las pruebas experimentales, para estimar las gradientes de temperaturas optimas que permitan generar el voltaje necesario que, de funcionamiento al sistema, se llegó a las siguientes conclusiones.

- La aplicación del efecto Seebeck permitió generar iluminación LED, mediante el diseño óptimo de un sistema en el distrito de Yanahuanca, Región Pasco. Gracias a los sistemas de control de temperatura y carga instalados en el sistema principal, que permitieron controlar estos dos factores de manera que se hace sostenible, gracias a las propiedades termoeléctricas de las celdas Peltier.
- El valor óptimo de la gradiente de temperatura bajo el cual el sistema de iluminación LED se hace sostenible no es de 30°C, ya que con los resultados obtenidos y su posterior análisis se pudo pronosticar que el valor óptimo sería de 56°C aproximadamente, para poder generar los 12V requeridos.
- El umbral y valor máximo para poder mantener el sistema y por ende, generar iluminación LED, son 4.5 y 12 respectivamente, ya que el elevador de tensión trabajo con un mínimo de entrada de 4.5V sin embargo se calienta mucho, siendo el valor óptimo de 12V para que no realice un sobre esfuerzo dicho componente.
- El material utilizado para calentar las celdas Peltier, fue de aluminio gracias a su accesibilidad y disponibilidad en el mercado, logrando distribuir el calor de forma homogénea por su superficie y manteniendo el calor concentrado por un tiempo significativo.
- El sistema diseñado y su utilización es capaz de funcionar a una temperatura ambiente mínima de 11.3 °C, siempre y cuando se mantenga la diferencia de temperatura que permita generar el voltaje deseado, asimismo el aislamiento térmico en el sistema elaborado no fue muy eficiente debido a la transferencia de calor que se dio en determinados momentos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El presente proyecto de investigación pretende dejar un sustento que esperamos sirva para futuras investigaciones donde se quiera demostrar que se puede aplicar el efecto Seebeck para la generación de iluminación, por ello se recomienda lo siguiente:

- Utilizar una placa de plata o cobre, ya que estos materiales tienen mejores propiedades en cuanto a conducción térmica, en comparación con el aluminio el cual se utilizó como material conductor térmico gracias a sus propiedades y por ser más accesible económicamente, dichos materiales permitirían que la conducción del calor sea más rápida.
- Aislar mejor las caras de la celda Peltier, así como la plancha que se va a calentar, ya que, al encontrarse expuesto al ambiente, se hace más complicado el poder aumentar su temperatura en zonas frías, de igual manera al calentarse la plancha y no estar bien aisladas las caras, el lado frío empezará a calentarse reduciendo la gradiente de temperatura y en consecuencia el voltaje generado.
- Utilizar bujías incandescentes para el calentamiento de la plancha, ya que la resistencia utilizada, demora un largo tiempo para poder calentar el aluminio, por otro lado, las bujías incandescentes alcanzan temperaturas muy altas en cuestión de segundos, pudiendo ser una alternativa excelente para la generación de calor.
- Se recomienda realizar pruebas con otros modelos de celdas Peltier, para verificar si su eficiencia es mejor o igual a los valores obtenidos con nuestra celda que fue el modelo TEC1-12706.

Asimismo, recomendamos a la universidad con el afán de contribuir al desarrollo de la investigación científica y al desarrollo de muchos pueblos olvidados que carecen de infraestructura básica, que se impulse el conocimiento teórico y aplicativo de las ciencias básicas y se realicen visitas a estas zonas con el fin de conocer su realidad y desarrollar investigaciones que posibiliten su solución.

A nuestros compañeros estudiantes de la escuela de Ingeniería Industrial, proponemos que asuman un rol activo para contribuir con nuestros conocimientos a participar de muchas de las soluciones pendientes en las comunidades que nos rodean y que muchas veces solo requieren, una organización, planificación, sistematización del conocimiento aprendido.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Arroyo, J. (2013). Medidas de parámetros termoeléctricos en un sistema constituido por dispositivos Peltier Seebeck (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19566/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Banco Mundial. (2014). Electricidad para las comunidades rurales en el Perú. Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/results/2014/09/24/peru-brings-electricity-to-rural-communities>

Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Bogotá, Colombia: PEARSON.

Cengel, Y., y Boles, M. (2012). Termodinámica. México DF, México: McGRAW-HILL

Chargoy, J., y Reyes, A. (2014). Propuesta de implementación de luminarias tipo LED y paneles fotovoltaicos en casa habitación (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México DF., México. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13922/1/TESIS%20%284%29.pdf>

Gago, A., y Fraile, J. (2012). Iluminación con tecnología LED. Madrid, España: Ediciones paraninfo, S.A.

García, D., y Moreno, D. (2017). Prototipo Generador de Agua con Celdas de Peltier (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6822/1/MorenoOrtizDiegoGustavo2017.pdf>

Hernández, L., Medrano, J., Bermúdez, I., y Santillán, A. (2014) Análisis y diseño de un esquema de control para aplicación en baño seco portátil. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 72(6), 61-72. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n72/n72a06.pdf>

Herranz, C., Ollé, J., y Jáuregui, S. (2011) La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica, LED. *Astronomía*, 2(144), 36-42. Recuperado de <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>

Leal, J., León, M., y Sepúlveda, S. (2015) El diodo Schottky como atenuador del efecto Seebeck en una celda Peltier para un control PID de temperatura. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 75-83. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v9n18/v9n18a10.pdf>

Longinov, G., Fragoso, O., y Gurevich, Y. (2007) Principios de termodinámica fuera de equilibrio en teoría de fenómenos termoeléctricos y electrotérmicos. *Superficies y Vacío*, 20(2), 17-23. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/sv/v20n2/v20n2a4.pdf>

Medrano, E. (2010). “Rediseño e implementación de un sistema de iluminación para espacios publicitarios usando LED RGB” (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de [https://www.google.com/url?hl=es&q=http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/509/MEDRANO\\_ARIAS\\_EDUARDO\\_SISTEMA\\_ILUMINACI](https://www.google.com/url?hl=es&q=http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/509/MEDRANO_ARIAS_EDUARDO_SISTEMA_ILUMINACI)

ON\_LED\_RGB.pdf?sequence=1&isAllowed=y&source=gmail&ust=1527361912099000&usg=AFQjCNEak2NnqMJkfdR51yDfG7QO8-uA0Q

Medrano L. (2016). Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica (tesis de grado). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México. Recuperado de <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/838/1/IER%20621.31%20M43%202016.pdf>

Moya, J. (2018). Estudio de aplicación de células Peltier para la obtención de electricidad en automóviles (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101498/MOYA%20-%20Estudio%20de%20aplicaci%C3%B3n%20de%20c%C3%A9lulas%20Peltier%20para%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20electricidad%20en%20autom%C3%B3viles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rela, A. (2010). Electricidad y electrónica. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

RPP Noticias. (2012). Tres millones de personas aún carecen de energía eléctrica en Perú. Recuperado de <http://rpp.pe/peru/actualidad/tres-millones-de-personas-aun-carecen-de-energia-electrica-en-peru-noticia-518940>

Sacristán, A. (2011). Obtención de agua a partir de humedad atmosférica empleando células de efecto Peltier (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. Recuperado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13561/PFC\\_Andres\\_Sacristan\\_Gomez%28final%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13561/PFC_Andres_Sacristan_Gomez%28final%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Serrano-Tierz, A., Abelardo Martínez Iturbe, Óscar, G. M., & Santolaya Sáenz, J. L. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1694862282?accountid=37408>

Valencia, I., y Hernández, F. (2012). Caracterización de sistemas de refrigeración, absorción y Peltier y optimización de geometrías en transmisores de calor (tesis de maestría). Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Chihuahua, México. Recuperado de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/803/1/Iv%C3%A1n%20Jos%C3%BAe%20Valencia%20G%C3%B3mez%20Francisco%20Hern%C3%A1ndez%20Hern%C3%A1ndez%20MER.pdf>

## **VIII. ANEXOS**

ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variables

(\*) El coste operativo es una dimensión de la iluminación LED que no es objeto de la presente investigación

**Aplicación del efecto Seebeck en celdas Peltier para la creación de un dispositivo de iluminación LED**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fórmula
<b>Efecto Seebeck</b>	(...) diferentes metales unidos en ambos extremos (uniones), formando un circuito cerrado. Ordinariamente no ocurrirá nada. Sin embargo, cuando se calienta uno de los extremos sucede algo interesante: una corriente fluye continuamente en el circuito. (...) A pesar de sus bajas eficiencias, los generadores termoeléctricos tienen unas ventajas definitivas respecto de peso y confiabilidad. (Cengel y Boles, 2011, p.647)	Medidos a través de un termómetro Fluke 52 junto con dos termocuplas tipo K para las lecturas de las temperaturas máximas y mínimas, un multímetro digital Prasek PR – 301 para las lecturas de voltaje y corriente eléctrica, los demás indicadores se obtendrán de cálculos utilizando los valores obtenidos ya mencionados, como se muestran en las fórmulas	Gradiente de temperatura	Temperatura máxima	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Celsius (°C)	T
				Temperatura mínima	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Celsius (°C)	T
			Eficiencia energética	Intensidad de corriente	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Ampere (A)	I
				Tensión eléctrica	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Voltio (V)	U
				Potencia eléctrica	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Watt (W)	$P = U \cdot I$
<b>Iluminación LED</b>	LED es el acrónimo en inglés de Light Emitting Diode (en español: diodo emisor de luz). Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con la longitud de onda monocromática específica muy bien definida cuando se polariza de forma directa pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos. (Gago, A., y Fraile, J., 2012 p.2)	Medidos a través de un luxómetro digital para la lectura de la iluminancia, los demás indicadores se obtendrán de cálculos utilizando los valores obtenidos ya mencionados, como se muestran en las fórmulas.	Intensidad luminosa	Flujo luminoso	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Lumen (lm)	$\phi = E \cdot S$
			<b>Coste operativo(*)</b>	Consumo de energía	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Kilowatt hora (kWh)	$Wh = P/\Delta t$
				Mantenimiento (Vida útil)	Razón	Observación directa	Ficha de observación	Hora	h

## ANEXO 2. Guía instrumental de recolección de datos

El presente formato está destinado a la recolección de los datos obtenidos a través de diversas herramientas; un termómetro Fluke 52 junto con dos termocuplas tipo K para las lecturas de las temperaturas máximas y mínimas,

Un multímetro digital Prasek PR – 301 para las lecturas de voltaje y corriente eléctrica;

Los demás indicadores se obtendrán de cálculos utilizando los valores obtenidos ya mencionados, como se muestran en las fórmulas.

Para el uso correcto de las herramientas de medición se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Colocar una termocupla en el termómetro Fluke, para obtener la lectura de la temperatura ambiente, la otra termocupla está conectada al controlador, de manera que al encenderse se visualizará automáticamente la temperatura del sistema, obteniendo así la temperatura mínima y temperatura máxima respectivamente.
- Colocar el multímetro digital Prasek, a los cables de la celda Peltier y ubicar la aguja del multímetro en V (voltaje) en el rango 20, de igual manera estos voltajes los podremos visualizar con los multímetros amperímetros.
- Colocar el multímetro en paralelo con el sistema, ubicar la aguja en A (amperaje) en el rango de 200.
- La potencia se obtendrá de multiplicar el valor del voltaje y el amperaje.
- Para determinar el flujo luminoso se visualizará la ficha técnica del foco led utilizado en el sistema.
- El consumo de energía se calculará multiplicando la potencia de energía por el tiempo recorrido.
- La autonomía del dispositivo se calculará con un reloj teniendo en cuenta el total de tiempo en horas que puede estar funcionando hasta agotar la carga de la batería.



## Anexo 4. Información poblacional Cerro de Pasco

TERRITORIO

Compendio Estadístico Pasco 2017

### 1.1 PASCO: POBLACIÓN TOTAL, SUPERFICIE, DENSIDAD POBLACIONAL, NUMERO DE PROVINCIAS Y DISTRITOS, 2017



Concepto	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población Total (en miles)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )	N° de Provincias	N° de Distritos 1/
Total País	1 285 215,6	31 826,0	25	196 a/	1 874
Departamento Pasco	25 028,3	308,7	12	3	29
Resto del País	1 260 187,3	31 517,3	25	193	1 845

1/ Al 30 de julio del 2016

a/ Incluye la Provincia Constitucional del Callao.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales.

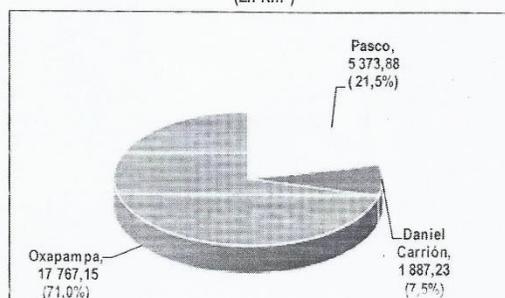
### 1.2 PASCO: POBLACIÓN TOTAL, SUPERFICIE, DENSIDAD POBLACIONAL, SEGÚN PROVINCIA, 2017

Provincia	Población Total	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad Poblacional (hab / km <sup>2</sup> )
Total	308 723	25 028,26	12,33
Pasco	159 671	5 373,88	29,71
Daniel Alcides Carrión	54 459	1 887,23	28,86
Oxapampa	94 593	17 767,15	5,32

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población 2000-2025

Gráfico N° 1.1  
PASCO: SUPERFICIE TERRITORIAL POR PROVINCIAS  
(En Km<sup>2</sup>)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

## Anexo 5. Ubicación geográfica de distritos en Cerro de Pasco

Compendio Estadístico Pasco 2017



### 1.3 PASCO: CALIFICACIÓN DE CREACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CAPITAL LEGAL DE LOS DISTRITOS, SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO

Provincia y Distrito	Nombre	Capital Legal			Ubicación Geográfica			
		Calificación de Creación			Altitud (m.s.n.m.)	Lat. Sur	Long. Oeste	
		Categoría	Dispositivo Legal					
			Nombre	N° Fecha				
<b>Provincia Pasco</b>		<b>Cerro de Pasco</b>						
Chaupimarca	Cerro de Pasco	Ciudad	Ley	s/n	10 Ene. 1840	4 342	10°40'58"	76°15'20"
Huachón	Huachón	Pueblo	Ley	4 859	27 Dic. 1923	3 407	10°38'16"	75°57'08"
Huariaca	Huariaca	Ciudad	Ley	9 290	09 Ene. 1941	2 958	10°26'34"	76°11'20"
Huayllay	Huayllay	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	4 348	11°00'16"	76°22'05"
Ninacaca	Ninacaca	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	4 141	10°51'42"	76°06'47"
Pallanchacra	Pallanchacra	Pueblo	Ley	13 268	14 Nov. 1959	3 132	10°24'53"	76°14'08"
Paucartambo	Paucartambo	Pueblo	Ley	3 028	30 Dic. 1918	2 930	10°46'23"	75°48'46"
Sn. Fco. de Asís de Yarusyacan	Yarusyacan	Pueblo	Ley	13 693	16 Set. 1961	3 814	10°29'29"	76°11'47"
Simón Bolívar	San Antonio de Rancas	Pueblo	Ley	2 443	12 Set. 1917	4 191	10°41'23"	76°19'03"
Ticlacayan	Ticlacayan	Villa	Ley	13 013	14 Jun. 1958	3 531	10°32'04"	76°09'45"
Tinyahuarco	Tinyahuarco	Villa	Ley	1 491	04 Dic. 1911	4 270	10°46'08"	76°16'24"
Vicco	Vicco	Pueblo	Ley	2 443	12 Set. 1917	4 104	10°50'29"	76°14'15"
Yanacancha	San Juan	Ciudad	D.S.	333	16 Ago. 1968	4 334	10°40'08"	76°15'20"
<b>Provincia Daniel A. Carrión</b>		<b>Yanahuanca</b>						
Yanahuanca	Yanahuanca	Ciudad	Ley	9 904	20 Ene. 1944	3 199	10°29'33"	76°31'01"
Chacayan	Chacayan	Pueblo	Ley	3 029	30 Dic. 1918	3 338	10°26'06"	76°26'18"
Goyllarisquizga	Goyllarisquizga	Pueblo	Ley	10 030	27 Nov. 1944	4 183	10°28'24"	76°24'28"
Paucar	Paucar	Pueblo	Ley	3 029	30 Dic. 1918	3 357	10°22'11"	76°26'42"
San Pedro de Pillao	San Pedro de Pillao	Pueblo	Ley	3 029	30 Dic. 1918	3 678	10°26'21"	76°29'50"
Santa Ana de Tusi	Santa Ana de Tusi	Pueblo	Ley	3 029	30 Dic. 1918	3 803	10°28'19"	76°21'17"
Tapuc	Tapuc	Villa	L.R	525	12 Set. 1921	3 678	10°27'21"	76°27'42"
Vilcabamba	Vilcabamba	Villa	L.R	339	06 Set. 1920	3 530	10°28'44"	76°26'57"
<b>Provincia Oxapampa</b>		<b>Oxapampa</b>						
Oxapampa	Oxapampa	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	1 806	10°34'22"	75°24'14"
Chontabamba	Chontabamba	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	1 865	10°36'16"	75°27'48"
Huancabamba	Huancabamba	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	1 666	10°25'34"	75°30'47"
Palcazu	Iscozacín	Pueblo	Ley	24 526	06 Jun. 1986	297	10°11'16"	75°08'45"
Pozuzo	Pozuzo	Villa	L.R	574	25 Jul. 1922	971	10°03'55"	75°33'25"
Puerto Bermúdez	Puerto Bermúdez	Pueblo	Ley	13 014	17 Jun. 1958	258	10°17'47"	74°56'09"
Villa Rica	Villa Rica	Pueblo	Ley	12 301	03 May. 1955	1 495	10°44'11"	75°16'20"
Constitucion	Constitucion	Pueblo	D. Ley	29 541	14 Jun. 2010	250	09°50'45"	74°59'55"

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Nacional de Censos y Encuestas.

## Anexo 6. Viviendas con disponibilidad de alumbrado público

Compendio Estadístico Pasco 2017



4.12 PASCO: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR DISPONIBILIDAD DE ALUMBRADO ELÉCTRICO EN LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO, 2007

Provincia y Distrito	Total	Alumbrado Eléctrico en la Vivienda	
		Si Dispone	No Dispone
<b>Departamento Pasco</b>	<b>64 782</b>	<b>44 673</b>	<b>20 109</b>
<b>Prov. Pasco</b>	<b>34 693</b>	<b>28 428</b>	<b>6 265</b>
Chaupimarca	6 442	6 157	285
Huachón	1 223	1 014	209
Huariaca	2 012	1 676	336
Huayllay	2 563	1 808	755
Ninacaca	1 027	638	389
Pallanchacra	933	666	267
Paucartambo	4 822	3 917	905
Sn. Fco. de Asís de Yaruyacan	1 951	1 409	542
Simón Bolívar	3 205	2 688	517
Ticlacayan	1 725	855	870
Tinyahuarco	1 299	1 016	283
Vico	724	471	253
Yanacancha	6 767	6 113	654
<b>Prov. Daniel Alcides Carrión</b>	<b>10 984</b>	<b>6 446</b>	<b>4 538</b>
Yanahuanca	3 348	1 916	1 432
Chacayan	1 306	752	554
Goyllarisquizga	421	323	98
Paucar	636	427	209
San Pedro de Pillao	482	217	265
Santa Ana de Tusi	2 954	1 842	1 112
Tapuc	1 199	659	540
Vilcabamba	638	310	328
<b>Prov. Oxapampa</b>	<b>19 105</b>	<b>9 799</b>	<b>9 306</b>
Oxapampa	3 683	3 076	607
Chontabamba	822	612	210
Huancabamba	1 528	1 063	465
Palcazu	1 798	237	1 561
Pozuzo	1 614	566	1 048
Puerto Bermúdez	5 065	918	4 147
Villa Rica	4 595	3 327	1 268

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

- Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

## Anexo 7. Tipos de generación de energía eléctrica según empresa de servicio

### Compendio Estadístico Pasco 2017



#### 16.3 PASCO: POTENCIA INSTALADA, SEGÚN EMPRESA DE SERVICIO Y TIPO DE GENERACIÓN, 2009-2016 (Mega watt)

Sector de Consumo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Total</b>	<b>168,0</b>	<b>168,0</b>	<b>164,9</b>	<b>164,9</b>	<b>164,9</b>	<b>164,9</b>	<b>164,6</b>	<b>171,3</b>
<b>Empresas de Servicio Público</b>								
<b>Total</b>	<b>139,4</b>	<b>139,4</b>	<b>132,2</b>	<b>132,2</b>	<b>132,2</b>	<b>132,2</b>	<b>132,6</b>	<b>139,2</b>
Hidráulica	137,9	137,9	131,2	131,2	131,2	131,2	131,2	138,4
Térmica	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Empresas de Servicio Privado</b>								
<b>Total</b>	<b>28,6</b>	<b>28,6</b>	<b>32,7</b>	<b>32,7</b>	<b>32,7</b>	<b>32,7</b>	<b>32,1</b>	<b>32,1</b>
Hidráulica	18,0	18,0	17,7	17,7	17,7	17,7	17,1	17,1
Térmica	10,6	10,6	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Electricidad - Dirección de Promoción y Estudios.

#### 16.4 PASCO: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, SEGÚN EMPRESA DE SERVICIO Y TIPO DE GENERACIÓN, 2009-2016 (Giga watt hora)

Sector de Consumo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 P1
<b>Total</b>	<b>927,0</b>	<b>791,9</b>	<b>1 001,9</b>	<b>1 009,7</b>	<b>1 054,5</b>	<b>1 019,8</b>	<b>1 005,1</b>	<b>835,9</b>
<b>Empresas de Servicio Público</b>								
<b>Total</b>	<b>826,6</b>	<b>697,4</b>	<b>895,8</b>	<b>903,0</b>	<b>949,4</b>	<b>922,4</b>	<b>906,4</b>	<b>764,7</b>
Hidráulica	825,9	697,2	895,1	902,6	949,1	922,0	906,2	764,6
Térmica	0,6	0,1	0,7	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1
Eólica	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Empresas de Servicio Privado</b>								
<b>Total</b>	<b>100,5</b>	<b>94,5</b>	<b>106,1</b>	<b>106,7</b>	<b>105,1</b>	<b>97,4</b>	<b>98,7</b>	<b>71,2</b>
Hidráulica	100,0	93,5	105,0	105,3	104,6	96,9	98,3	71,1
Térmica	0,5	1,0	1,1	1,3	0,4	0,5	0,4	0,1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Electricidad - Dirección de Promoción y Estudios.

#### 16.5 PASCO: PRODUCCIÓN MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 2009-2016 (Giga watt hora)

Mes	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016
<b>Total</b>	<b>927,4</b>	<b>793,2</b>	<b>1002,9</b>	<b>1009,7</b>	<b>1054,5</b>	<b>1019,8</b>	<b>1015,4</b>	<b>835,9</b>
Enero	98,0	92,2	110,1	105,8	103,0	61,7	108,4	102,2
Febrero	95,0	90,5	98,2	101,0	96,6	85,8	99,9	100,7
Marzo	96,3	99,0	108,5	108,5	108,6	107,6	110,7	104,5
Abril	90,6	80,1	104,3	103,4	102,1	104,7	104,1	91,8
Mayo	82,3	64,7	89,5	91,9	77,3	99,0	108,3	54,0
Junio	59,3	46,5	67,7	65,0	81,8	61,4	69,2	54,1
Julio	62,7	40,6	65,9	61,0	77,8	65,7	62,2	46,7
Agosto	62,3	40,3	58,8	46,8	61,3	70,7	67,8	40,5
Septiembre	68,3	40,1	60,8	44,9	64,3	76,8	48,6	56,4
Octubre	67,6	49,5	69,2	79,3	93,0	91,8	50,8	61,2
Noviembre	61,4	58,9	70,0	94,8	81,0	95,6	81,7	45,2
Diciembre	83,6	90,8	100,1	107,2	107,7	99,1	103,6	78,6

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Electricidad.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Oficina Departamental Pasco.

## Anexo 8. Producción de energía eléctrica por tipo de generación, según departamento

Compendio Estadístico Perú 2017

### 17.6 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO DE GENERACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2016 (Gigawatts hora)



Departamento	Tipo de generación				
	Total	Hidráulica	Térmica	Solar	Eólica
<b>Total</b>	<b>51 656,2</b>	<b>24 165,5</b>	<b>26 185,8</b>	<b>241,0</b>	<b>1 063,8</b>
Amazonas	74,5	70,8	3,7	-	-
Áncash	2 255,2	2 173,7	81,5	-	-
Apurímac	33,5	33,4	0,2	-	-
Arequipa	1 159,0	838,8	229,1	91,1	-
Ayacucho	18,6	11,8	6,8	-	-
Cajamarca	768,4	766,3	2,0	-	-
Callao (Prov. Constitucional)	3 288,9	-	3 288,9	-	-
Cusco	2 016,0	1 916,9	99,1	-	-
Huancavelica	7 415,2	7 415,0	0,2	-	-
Huánuco	383,1	381,7	1,4	-	-
Ica	1 411,3	-	832,1	-	579,2
Junín	2 475,5	2 475,2	0,4	-	-
La Libertad	727,7	106,5	277,3	-	343,9
Lambayeque	87,3	-	87,3	-	-
Lima	24 143,4	6 036,8	18 106,5	-	-
Loreto	604,8	-	604,8	-	-
Madre de Dios	1,8	-	1,8	-	-
Moquegua	1 256,5	42,9	1 112,5	101,0	-
Pasco	835,9	835,7	0,2	-	-
Piura	1 279,0	175,3	963,0	-	140,7
Puno	748,4	731,7	16,7	-	-
San Martín	110,3	43,8	66,5	-	-
Tacna	153,2	104,2	0,2	48,8	-
Tumbes	16,4	-	16,4	-	-
Ucayali	392,3	5,0	387,3	-	-

Nota: Información preliminar disponible al 31-05-2017.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

Anexo 9. Prueba del sistema de control de temperatura



Anexo 10. Iluminación LED generada por el sistema



Anexo 11. Sistema y foco LED funcionando – Toma 1



Anexo 12. Sistema y foco LED funcionando – Toma 2



Anexo 13. Recolección de datos del sistema



Anexo 14. Relojes digitales del sistema



Yo, Roberto Farfán Martínez, docente de la Facultad de Ingeniería y carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo campus Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada:

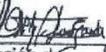
" Diseño Optimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018", de la estudiante Cuyubamba Rojas Sherly Alison, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito(a) 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.

San Juan de Lurigancho, 12 de julio del 2019

.....  
 Mg. Roberto Farfán Martínez

DNI: 02617808

 	 				
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Control	Vicerectorado de Investigación

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<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, Roberto Farfán Martínez, docente de la Facultad de Ingeniería y carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo campus Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada:

“Diseño Optimo de un sistema de Iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”, del estudiante Paredes Caparachin Ayrton Stevens, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito(a) 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.

San Juan de Lurigancho, 12 de julio del 2019



Mg. Roberto Farfan Martinez

DNI: 02617808

			
Elabora	Dirección de Investigación	Revisó	Responsible del JGC Vicerectorado de Investigación

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Diseño optimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas

Peltier. Distrito de Yauahuanca, Región Pasco, 2018”

Tesis para optar el título Profesional de:  
Ingeniero Industrial

#### AUTORES:

B<sup>a</sup>. Cuyubamba Rojas Shierly Alison  
B<sup>r</sup>. Paredes Caparachi Ayron Stevens

#### ASESOR:

MA. Ing. Ind. Roberto Farfán Martínez

#### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva



15%

1	es.comega.com Fuente de Internet	1%
2	ltdi.oleca.untrunide.edu Fuente de Internet	1%
3	Entregado a Fontficia... Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	depa.igum.unsmn.mx Fuente de Internet	1%
6	documents.rtv Fuente de Internet	1%
7	documents.tips Fuente de Internet	1%
8	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	1%
9	es.scribd.com	1%



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.01  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo Ayrton Stevens Paredes Caparachin , identificado con DNI N° **76192602**, egresado(a) de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, Autorizo (X), la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
Ayrton Stevens Paredes Caparachin

DNI: 76192602

Fecha: 29/10/19



Etapas

Dirección de  
Investigación

Revisó

Aprobó



Tramite

Yo Sherly Alison Cuyubamba Rojas, identificado con DNI N° **74911652**, egresado(a) de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, Autorizo (X), la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



.....  
Sherly Alison Cuyubamba Rojas

DNI: 74911652

Fecha: 29/10/19



Elabora  
Dirección de Investigación

Revisó





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**Mg. Romel Darío Bazán Robles**

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**Sherly Alison Cuyubamba Rojas**

INFORME TITULADO:

“Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**Ingeniera Industrial**

SUSTENTADO EN FECHA: 12/12/2018

NOTA O MENCIÓN: 16 (Dieciséis)



  
Mg. Romel Darío Bazán Robles



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**Mg. Romel Darío Bazán Robles**

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**Ayrton Stevens Paredes Caparachin**

INFORME TITULADO:

“Diseño óptimo de un sistema de iluminación LED aplicando el efecto Seebeck en celdas Peltier. Distrito de Yanahuanca, Región Pasco, 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**Ingeniero Industrial**

SUSTENTADO EN FECHA: 15/12/2018

NOTA O MENCIÓN: 16 (Dieciséis)



  
Mg. Romel Darío Bazán Robles