

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS – FILIAL HAQUIRA



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de una cámara termográfica de bajo costo para mejorar la satisfacción del usuario en el monitoreo de polines de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho, 2019

Presentado por:

- Responsable: Ing. Jaime Guevara Ríos (investigador principal-filial Haquira)
- Miembro: Manuel Jesús Ibarra Cabrera (co-investigador-sede Abancay)
- Miembro: Queen Dennis Vargas Ovalle (estudiante-filial Haquira)
- Miembro: Keni Luz Milagros Huacac Mendoza (estudiante-filial Haquira)

Haquira, Apurímac, Perú

2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS – FILIAL HAQUIRA



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**Diseño de una cámara termográfica de bajo costo para mejorar la satisfacción del usuario en el monitoreo de polines de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho, 2019**

Presentado por:

- Responsable: Ing. Jaime Guevara Ríos (investigador principal-filial Haquira)
- Miembro: Manuel Jesús Ibarra Cabrera (co-investigador-sede Abancay)
- Miembro: Queen Dennis Vargas Ovalle (estudiante-filial Haquira)
- Miembro: Keni Luz Milagros Huacac Mendoza (estudiante-filial Haquira)



### **Agradecimiento**

*Nuestro profundo agradecimiento a la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas Filial Haqira, al Vicerrectorado de Investigación (VRIN) de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac UNAMBA, a las autoridades y catedráticos por permitirnos la ejecución de este proyecto.*



## **Dedicatoria**

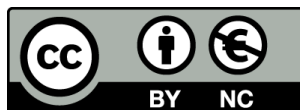
*Este trabajo de investigación lo dedicamos muy especialmente a nuestras familias, quienes con su apoyo, cariño y comprensión nos motivaron hacia la culminación de este anhelado trabajo de investigación, asimismo recordamos a los colegas de la UNAMBA que fallecieron durante la pandemia del COVID-19.*



“Diseño de una cámara termográfica de bajo costo para mejorar la satisfacción del usuario en el monitoreo de polines de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho, 2019”

Línea de investigación: Minería y procesamiento de minerales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>RESUMEN</b>	12
<b>ABSTRACT</b>	13
<b>CAPÍTULO I</b>	14
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	14
1.1 Descripción del problema	14
1.2 Enunciado del Problema	16
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos	16
1.2.3 Justificación de la investigación	16
<b>CAPÍTULO II</b>	17
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	17
2.1 Objetivos de la investigación	17
2.2.1 Objetivo general	17
2.2.2 Objetivos específicos	17
2.2 Hipótesis de la investigación	17
2.2.3 Hipótesis general	17
2.2.4 Hipótesis específicas	17
2.3 Operacionalización de variables	17
<b>CAPÍTULO III</b>	19
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	19
3.1 Antecedentes	19
3.2 Marco teórico	20
3.2.1 Cámara termográfica	20
3.2.2 Faja transportadora	21
3.2.3 Polín	21
3.3 Marco conceptual	22
<b>CAPÍTULO IV</b>	31
<b>METODOLOGÍA</b>	31
4.1 Tipo y nivel de investigación	31
4.2 Diseño de la investigación	31
4.3 Descripción ética de la investigación (no corresponde)	31
4.4 Población y muestra	31
4.5 Procedimiento	31
4.5.1 Diseño y construcción de módulo de la cámara termográfica	31



4.5.2	Diseño e implementación del módulo de software de monitoreo	32
4.5.3	Integración de los módulos	32
4.6	Técnica e instrumentos	32
4.7	Análisis estadístico	32
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>33</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>		<b>33</b>
5.1	Análisis de resultados	33
5.1.2	Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios al utilizar la cámara termográfica de bajo costo en una faja transportadora en minería. Resultados de la aplicación del cuestionario PUEU	33
5.1.3	Construcción del módulo cámara termográfica de bajo costo	38
5.2	Contrastación de hipótesis (no corresponde)	55
5.3	Discusión de resultados	56
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>57</b>
6.1	Conclusiones	57
6.2	Recomendaciones	57
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>58</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>60</b>
	Anexo 1 — Código de Arduino	61
	Anexo 2 — Instalación servidor web en Rasberry pi	67
	Anexo 3 — Lista de participantes	6



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables	18
Tabla 2 — Técnicas e instrumentos	32
Tabla 3 — Costos de la camara termográfica de bajo costo	33
Tabla 4 — Costos de la camara termográfica comercial	33
Tabla 5 — Cuestionario PUEU	34
Tabla 6 — Percepción de utilidad de los encuestados por pregunta	35
Tabla 7 — Percepción de facilidad de uso de los encuestados por pregunta	37
Tabla 8 — Componentes más importantes utilizados	40
Tabla 9 — Herramientas usadas para el desarrollo del sistema	43
Tabla 10 — H.U. Registro de usuarios de la aplicación web	47
Tabla 11 — H.U. Registro de sensores	47
Tabla 12— H.U. Registro de rol de usuario	48
Tabla 13 — H.U. Registro de temperaturas leídas por los sensores	48
Tabla 14 — H.U. Registrar las alertas de temperaturas que salen del límite establecido	48
Tabla 15 — H.U. Reporte de temperaturas registradas	49
Tabla 16 — H.U. Configuración de datos	49
Tabla 17 — H.U. Mostrar imagen o video instantaneo	50
Tabla 18 — H.U. Mostrar mapa de calor	50
Tabla 19 — H.U. Mostrar temperatura actual	51
Tabla 20 — H.U. Guardar temporalmente las temperaturas en un archivo *.CSV	51
Tabla 21 — H.U. Usar Mysql para almacenar los datos	51
Tabla 22 — Periodos de prueba	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Faja transportadora basada en polines .....	14
Figura 2 — Faja transportadora de minerales .....	15
Figura 3 — Faja transportadora de la empresa MMG las BAMBAS .....	15
Figura 4 — Partes generales de una faja transportadora .....	21
Figura 5 — Polín en una faja transportadora.....	22
Figura 6 — Sensor de temperatura MLX90614 .....	24
Figura 7 — Cámara térmica .....	25
Figura 8 — Arduino WiFi .....	25
Figura 9 — Área de chancado primario .....	26
Figura 10 — Polín para correas transportadoras de retorno .....	28
Figura 11 — Polín de impacto.....	29
Figura 12 — Polín de alineación - <a href="http://www.cfhchile.cl">www.cfhchile.cl</a> .....	29
Figura 13 — Resultados de percepción de la utilidad en forma global.....	35
Figura 14 — Resultados de utilidad por cada pregunta.....	36
Figura 15 — Resultados de facilidad de uso de forma global.....	36
Figura 16 — Resultados de facilidad de uso por pregunta.....	37
Figura 17 — Impresión de la carcasa en una impresora 3D.....	38
Figura 18 — Construcción del módulo de camara termografica.....	38
Figura 19 — Calibracion de la impresora 3D por el Ing. Jaime Guevara Rios (Responsable) .....	39
Figura 20 — Impresión del prototipo de la carcasa en impresora 3D por el estudiante Keni Luz Milagros Huacac Mendoza (miembro).....	39
Figura 21 — Instalación del sistema en la faja transportadora sin proteccion de polvo por el estudiante Queen Dennis Vargas Ovalle (miembro) .....	41
Figura 22 — Instalacion del sistema en la faja transportadora con proteccion de polvo por el estudiante Queen Dennis Vargas Ovalle (miembro) .....	41
Figura 23 — Envío de una imagen termográfica del estado actual del polín al celular (Telegram) .....	43
Figura 24 — Envío de la temperatura actual del polín al celular (Telegram) .....	43
Figura 25 — Pruebas de conectividad al prototipológica por el Dr. Manuel Ibarra Cabrera (miembro).....	45
Figura 26 — Arquitectura lógica del sistema .....	46
Figura 27 — Registrar usuario .....	52
Figura 28 — Lista de sensores .....	52
Figura 29 — Lista de temperaturas .....	52
Figura 30 — Alertas del sistema .....	53
Figura 31 — Reporte de las lecturas de temperatura.....	53
Figura 32 — Configuración del sistema.....	53
Figura 33 — Panel de control de las temperaturas .....	54
Figura 34 — Solicitud de el mapa de calor desde Telegram.....	54
Figura 35 — Ubicación geográfica del lugar de las pruebas.....	55



## INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación describe el procedimiento para diseñar una cámara termográfica de bajo costo mediante hardware y software libre, que monitoree y controle la temperatura de trabajo de un polín y el material que se acumula en ella en una faja transportadora de minerales en una minería.

En la mayoría de las empresas mineras, para transportar el material (piedra, mineral, hormigón, etc.) de un punto a otro, utilizan un sistema de faja transportadora basado en polines. El problema es que, debido a la continuidad del trabajo y por desgaste, por lo general estos polines tienden a calentarse mucho e incluso podría producir un incendio; por otro lado, el material de desecho que se acumula entre los polines de faja también genera un mal funcionamiento en el sistema. Generalmente, las empresas mineras tienen un plan de mantenimiento programado, el cual contempla la verificación de los polines de una faja transportadora; también existen otro de tipo de mantenimientos que no estuvieron programadas, a las que se les denomina mantenimiento no programado; sin embargo, las empresas mineras no pueden parar más allá de lo programado, porque esto genera pérdidas económicas para la empresa.

Este proyecto presenta una solución al problema planteado, mediante el diseño de una cámara termográfica de bajo costo basado en hardware y software libre, que pueden medir el calor producido por el polín y así determinar los polines que estén sobrecalentados y prevenir que todo el sistema falle; a su vez, también podría visualizar la cantidad de material que se acumuló y lo cual debe ser limpiado para el correcto funcionamiento. Para dar solución a este problema, se propone crear una cámara termográfica de bajo costo y que funcione en una red de área local y que permita visualizar la información de cada uno de los polines de la faja transportadora overland. Las pruebas del prototipo creado se realizaron en una faja transportadora de la empresa minera MMG las BAMBAS, ubicada en el distrito de Challhuahuacho-Cotabambas-Apurímac.

El capítulo I trata del planteamiento del problema, el capítulo II describe los objetivos e hipótesis, el capítulo III está referido al marco teórico referencial, el capítulo IV describe la metodología, el capítulo V describe los resultados y discusiones, y finalmente el capítulo VI conclusiones y recomendaciones.



## RESUMEN

Este trabajo de investigación abordó el tema de “Diseño de una cámara termográfica de bajo costo para mejorar la satisfacción del usuario en el monitoreo de polines de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho, 2019”, la mayoría de las empresas mineras metálicas y no metálicas realizan trabajos por el sistema de transporte continuo que carecen de un control o monitoreo por dispositivos electrónicos y esto nos lleva a tomar las decisiones para mejorar en el aspecto operativo y cumplir con las metas programadas, este proyecto fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación de la UNAMBA.

El objetivo principal fue reducir el costo de adquisición de una cámara termográfica para el monitoreo del funcionamiento en un polín de faja transportadora Overland en minería, que con lleva a la construcción de una cámara termográfica de bajo costo para realizar el monitoreo de la temperatura que se genera en el polín de una faja transportadora.

El problema encontrado fue que el polín se calienta debido al trabajo continuo que realiza, por acumulación de polvo, o por la falta de mantenimiento. Si bien es cierto que en el mercado existen cámaras termográficas que detectan la temperatura de un objeto por proximidad; sin embargo, estos tienen un costo elevado y no permite hacer un monitoreo remoto.

El sistema fue construido a bajo costo y tiene dos partes: la primera parte está compuesta por el hardware, que para su construcción se ha utilizado Raspberry Pi, Arduino, sensor de temperatura por proximidad, sensor de mapa de calor y una cámara Pi, adicionalmente para lugares en los que no hay conectividad por fibra óptica o ADSL, se ha optado por incorporar un modem para que pueda transmitir los datos a un servidor en la nube; la segunda parte está compuesta por el software y para su implementación se ha usado base de datos MySQL, Laravel MVC, chart.js, Highcharts JS, Arduino, Python, entre otros.

Luego de aplicar el prototipo en la faja transportadora overland de la empresa minera MMG las BAMBAS, ubicada en distrito de Challhuahuacho-Cotabambas se puede concluir que el sistema creado sirve para poder realizar el monitoreo de la temperatura de un polín en una faja transportadora; asimismo, se pudo reducir el costo del equipo en un 41,86%, y finalmente, los usuarios están satisfechos con la utilidad (93%) y están de acuerdo en que el sistema es fácil de usar (95%).

**Palabras clave:** Cámara termográfica, faja transportadora, polines, sensor, Arduino, Raspberry Pi.



## ABSTRACT

This research work addressed the topic of "Design of a low-cost thermographic camera to improve user satisfaction in monitoring idlers of the mining conveyor belt, Challhuahuacho, 2019", most of the metallic and non-metallic mining companies They carry out work through the continuous transport system that lacks control or monitoring by electronic devices and this leads us to make decisions to improve the operational aspect and meet the programmed goals. This project was financed by the Vice President for Research of the UNAMBA.

The main objective was to reduce the cost of acquiring a thermographic camera to monitor the operation of an Overland conveyor belt pulley in mining, which leads to the construction of a low-cost thermographic camera to monitor the temperature that is generated in the idler of a conveyor belt.

The problem found was that the idler heats up due to the continuous work it does, due to dust accumulation, or due to lack of maintenance. Although it is true that there are thermographic cameras on the market that detect the temperature of an object by proximity; however, these are expensive and do not allow remote monitoring.

The system was built at low cost and has two parts: the first part is made up of the hardware, which has been used for its construction, Raspberry Pi, Arduino, proximity temperature sensor, heat map sensor and a Pi camera, additionally for places where there is no fiber optic or ADSL connectivity, it has been decided to incorporate a modem so that it can transmit the data to a server in the cloud; The second part is made up of the software and MySQL database, Laravel MVC, chart.js, Highcharts JS, Arduino, Python, among others, have been used for its implementation.

After applying the prototype on the overland conveyor belt of the MMG las BAMBAS mining company, located in the Challhuahuacho-Cotabambas district, it can be concluded that the system created serves to monitor the temperature of the roller on a conveyor belt; Likewise, the cost of the equipment was reduced by 41,86%, and finally, users are satisfied with the usefulness (93%) and agree that the system is easy to use (95%).

Keywords: Thermographic camera, conveyor belt, idlers, sensor, Arduino, Raspberry Pi.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

Hoy en día, la actividad minera se ha convertido en uno de los factores de desarrollo económico de un país, tal es el caso de Chile y Perú (Plasencia Armas, Guillermo y Julio 2015), este rubro ha influenciado notablemente en el desarrollo de ambos países (Sthioult Ortiz 2015); en este sentido la minería juega un papel importante en la generación de empleo, creación de valor agregado, entre otros.

En las mineras las Bambas, existe una faja transportadora principal que llevan los minerales desde el *chancado primario* hasta la *pila de acopio* con una longitud aproximada de 5,2 km (Las Bambas 2016). Inicialmente, esta faja ha sido diseñada para transportar un aproximado de 140 000 toneladas diarias de mineral; sin embargo, existen paradas no programadas, por ejemplo: por acumulación de material, por el quiebre de la estructura (bastidor), desgaste físico, fatiga de pernos, entre otros, estas paradas ocasionan una disminución de unas 20 000 toneladas, lo cual indica que se transporta unas 120 000 toneladas diariamente (Ortega Ñahuin 2017), esto significa que el personal deja de trabajar durante varias horas y genera grandes pérdidas económicas para la empresa.

La figura 1, muestra un ejemplo de faja transportadora utilizando polines de fajas y utilizada en una empresa minera.

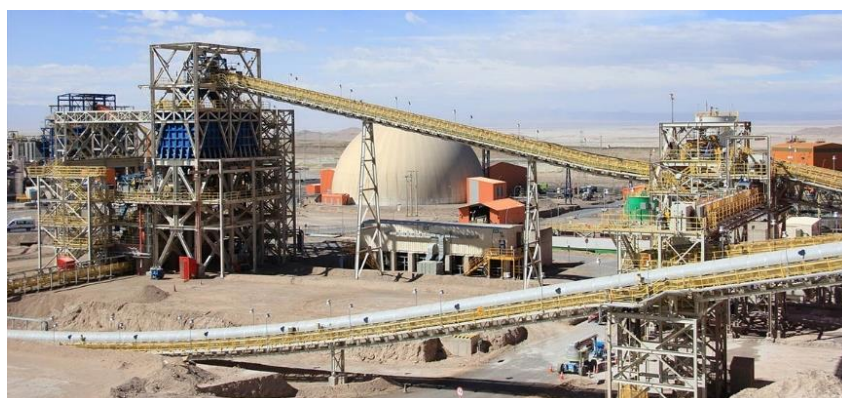


Figura 1 — Faja transportadora basada en polines  
Fuente: Martin Engineering Company (Engineering 2022)

Una faja transportadora con el sistema de polines, tiene los siguientes problemas: por un lado, existe un desgaste por calentamiento y fricción que no se puede detectar fácilmente; y por otro lado existe acumulación de material no detectado, todo esto debe ser monitoreada mediante una cámara termográfica de bajo costo, ver figura 2.



Figura 2 — Faja transportadora de minerales  
Fuente: Martin Engineering Company (Engineering 2022)

De igual forma en la explotación minera metálica de minerales de transporte continuo conocido como la faja transportadora ubicados en la provincia de Cotabambas muy próximas a la ciudad de Challhuahuacho, dedicadas a la producción de cobre y molibdeno, también utilizan fajas transportadoras con Polines; Por ende, tienen los mismos problemas que otras empresas mineras a tajo abierto. Por esta razón se gestionó para las pruebas de aplicación en la empresa MMG las BAMBAS, y se realizó gracias a las facilidades brindadas por dicha empresa a quien expresamos nuestro mayor agradecimiento en el presente informe. (ver figura 3).



Figura 3 — Faja transportadora de la empresa MMG las BAMBAS  
Fuente: elaboración propia

## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema general

¿En qué medida el uso de una cámara termográfica de bajo costo permite el monitoreo del funcionamiento del polín de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho, 2019?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida el uso de una cámara termográfica reduce el costo de adquisición frente a uno comercial para ver el funcionamiento en un polín de faja transportadora en minería?
- ¿Cuál es el nivel de satisfacción de los usuarios al utilizar una cámara termográfica de bajo costo en una faja transportadora en minería?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

La razón principal para el desarrollo de nuestra propuesta está en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para automatizar realizar el monitoreo del funcionamiento de una faja transportadora mediante el sistema de polín para reducir las pérdidas de dinero en una empresa minera.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Construir una cámara termográfica de bajo costo para el monitoreo del funcionamiento del polín de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Reducir el costo de adquisición de una cámara termográfica para el monitoreo del funcionamiento en un polín de la faja transportadora en minería.
- Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios al utilizar la cámara termográfica de bajo costo en una faja transportadora en minería.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.3 Hipótesis general

Si se construye una cámara termográfica de bajo costo, entonces se mejora el monitoreo del funcionamiento del polín de la faja transportadora en minería, Challhuahuacho.

##### 2.2.4 Hipótesis específicas

- Si se construye una cámara termográfica con hardware y software libre, entonces se reduce el costo de adquisición de la cámara termográfica para el monitoreo del funcionamiento en un polín de la faja transportadora en minería.
- Los usuarios están satisfechos al utilizar la cámara termográfica de bajo costo en una faja transportadora en minería.

#### 2.3 Operacionalización de variables

La tabla 1 muestra la variable 1 “Cámara termográfica” cuya dimensión es “Usabilidad de una cámara termográfica - cuestionario PUEU”; y por otro lado se tiene la variable 2 “monitoreo del funcionamiento del polín de faja Overland”, que tiene 2 dimensiones “Costo”, “Satisfacción”, y cada una de ellas con el respectivo indicador e índice o escala.



Tabla 1 — Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice/escala</b>
Variable Independiente: Cámara termográfica	Usabilidad de una cámara termográfica - cuestionario PUEU (Davis 1989)	Utilidad	- Completamente de acuerdo - De acuerdo - Neutro - En desacuerdo - Completamente en desacuerdo
		Fácil de usar	- Completamente de acuerdo - De acuerdo - Neutro - En desacuerdo - Completamente en desacuerdo
Variable Dependiente: Monitoreo del funcionamiento del polín de faja transportadora	Costo	Cotización	Nuevos soles
	Satisfacción	Nivel de satisfacción del usuario	Muy satisfecho Satisfecho Insatisfecho Muy insatisfecho



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### A nivel internacional

- a) De acuerdo con Radosław Zimroz y Krol Robert (2009), realizaron la publicación del artículo titulado, “Análisis de fallos de sistemas de faja transportadora para fines de monitoreo de condiciones” el contenido de la revista aborda el análisis de fallas lo cual basa en análisis de literatura e informes de fallas de 3 compañías mineras, para el monitoreo de condiciones, antes de aplicar se investiga puntos claves de los equipos que presentan complicaciones y debidamente se analiza qué herramientas y métodos deben aplicarse para minimizar el costo; este artículo se centra en el primer paso en la condición, es decir, la estimación de la escala de un problema: fallas frecuentes, tipos y la ubicación de las fallas y su importancia en el contexto del mantenimiento de un sistema de transporte de cinta transportadora. En conclusión, se observa que algunas fallas son el resultado de fallas primarias, esto se da por los daños de las fajas debido al calentamiento de polines, grietas en el eje en cajas de engranajes, polines, acoplamientos, son el resultado de una sobrecarga debido a la mayor resistencia al giro de los rodillos y polines; los mantenimientos de estas fallas son costosas y demoran en su reparación.
  
- b) De acuerdo a Gurjar Raghvendra Singh (2012) que realizó una investigación “Análisis de fallos en una faja transportadora”, que describe la falla típica de la cinta o faja transportadora del sistema de manejo de carbón en la planta de energía térmica. La investigación se centra en la condición, es decir, la estimación de la escala de un problema; las fallas más frecuentes, los tipos y la ubicación de las fallas y su importancia en el contexto del mantenimiento de un sistema de transporte de 20 cintas transportadoras en la central térmica de Parichha Jhansi. Se han descrito los ejemplos de fallas y el tiempo relacionado con el reemplazo o la reparación. Algunas fallas son el resultado de fallas primarias: correas dañadas, fallas en la polea, grietas en el eje, polines o engranajes, acoplamientos como resultado de sobrecarga, aumento de la resistencia al giro. Depende del elemento del sistema de cinta transportadora, se deben usar diferentes variables físicas (vibración, velocidad, corriente, campo magnético, temperatura, etc.)



### **A nivel nacional**

- c) Según Ortega Ñahuin, Deycy Gady (2017) desarrolló una tesis en la Universidad Nacional Centro del Perú Huancayo titulada “Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera las Bambas S.A.” para optar el título de Ingeniero Mecánico. En este trabajo de investigación hace mención el problema que existe en la minera las BAMBAS en el área de proceso de transporte como es el chancado primario, faja transportadora y almacenamiento o pila de acopio en el que existe fallas funcionales en zonas críticas, ocasionando paradas no programadas o repentinas, la consecuencia de este problema es la reducción en la producción diaria del mineral generando pérdidas económicas en la empresa minería. El objetivo principal de esta investigación es determinar las fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en Minera Las Bambas S.A. Después de evaluar el estudio de criticidad a los 20 equipos mecánicos del proceso de transporte de mineral grueso, se obtuvo como resultado, las zonas más críticas y son la Faja de sacrificio CVB001, Faja Overland CVB 003 y Faja Overland CVB004 con un índice de criticidad de 32.2 los componentes de estas fajas más afectados son polines de carga, polines de retorno, polines de impacto, polines guidores, bastidores, raspadores en V, polea motriz, polea de cola, polea tensora y entre otros. La metodología aplicada en la presente investigación es Inductivo –Deductivo.
- d) Por otro lado, Huisa, Tejada y Sarmiento (2006) realizaron un artículo científico titulado “Transporte de mineral por medio de fajas transportadoras en una mina a tajo abierto” que describe que uno de los problemas álgidos que no permite a las empresas cumplir su misión y visión de negocio, es el aumento en los precios del petróleo, la inflación y el incremento en los costos de mantenimiento en las fajas transportadoras. El objetivo de este trabajo fue buscar una alternativa para disminuir los costos de mantenimiento de transporte por medio de fajas transportadoras. Una de las conclusiones es que el estudio de expansión a 140,000 tpd en la mina es altamente viable considerando el transporte del mineral a la planta concentradora mediante chancado a la salida del tajo y acarreo por fajas transportadoras.

### **A nivel local**

No se cuenta con investigaciones a nivel local

## **3.2 Marco teórico**

### **3.2.1 Cámara termográfica**

Se denomina una cámara termográfica al dispositivo para medir la temperatura de un objeto sin necesidad de contacto. Las cámaras termográficas detectan la energía infrarroja emitida, transmitida o reflejada por todos los materiales a temperaturas superiores al cero



absoluto (0° Kelvin) y convierten el factor de energía en una lectura de temperatura o termograma (Mejia y Varona 2014).

### 3.2.2 Faja transportadora

Debido al movimiento de la faja transportadora el material depositado sobre ella es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la faja gira y da la vuelta en sentido contrario (ver figura 4). En esta zona el material depositado sobre la faja es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia comúnmente, en una cinta transportadora automatizada puede tener la cualidad de discernir entre los materiales transportados por medio de un sistema autónomo que envía los materiales por conductos diferentes debido a la necesidad de la empresa (González Días y Lobos González 2018).

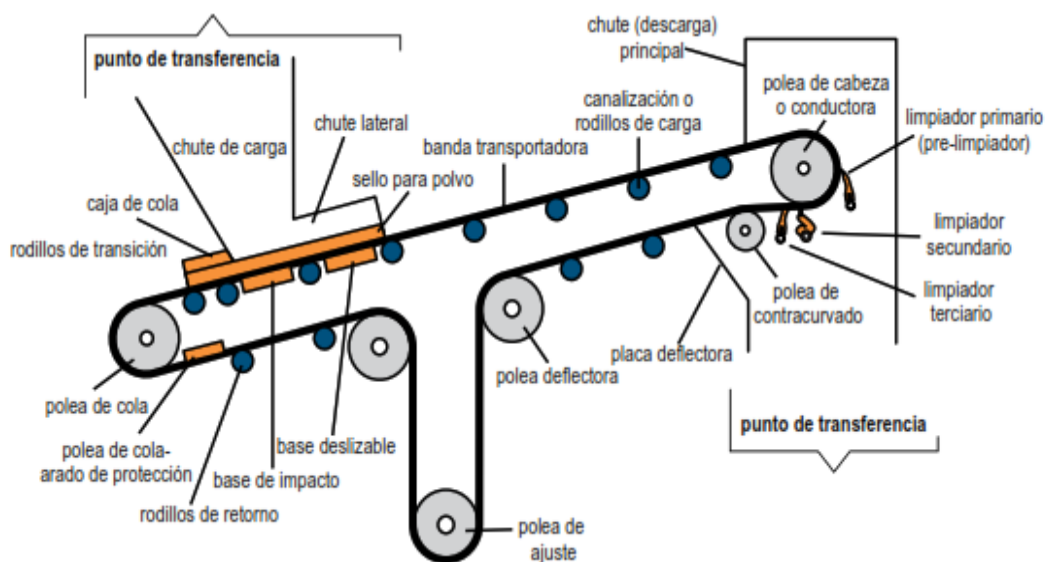


Figura 4 — Partes generales de una faja transportadora  
Fuente: Martin Engineering Company (Engineering 2022)

### 3.2.3 Polín

Tiene una forma cilíndrica hecha de metal que actúa como rodillo que gira en contacto con la faja transportadora (ver figura 5), existen varios polines a lo largo de la faja como son de retorno, de impacto y alineadores (Rojas Valdés 2018).





Figura 5 — Polín en una faja transportadora  
Fuente: Martin Engineering Company (Engineering 2022)

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Software de aplicación.** Son programas aislados que resuelven una necesidad específica de negocios. Las aplicaciones en esta área procesan datos comerciales o técnicos en una forma que facilita las operaciones de negocios o la toma de decisiones administrativas o técnicas. Además de las aplicaciones convencionales de procesamiento de datos, el software de aplicación se usa para controlar funciones de negocios en tiempo real, por ejemplo, procesamiento de transacciones en punto de venta, control de procesos de manufactura en tiempo real (Pressman 2019)..
- b) **Aplicación web.** Una aplicación Web es un sistema de software al que se accede a través de Internet (o Intranet): las aplicaciones Web constituyen una clase especial de aplicaciones de software que se construyen de acuerdo con ciertas tecnologías y estándares. Una aplicación web también “es una herramienta sofisticada de cómputo que no sólo proporcionan funciones aisladas al usuario final, sino que también se han integrado con bases de datos corporativas y aplicaciones de negocios” (Pressman 2019).
- c) **Aplicación móvil.** Una aplicación móvil o “App” es una aplicación informática diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Por lo general se encuentran disponibles a través de plataformas de distribución (por ejemplo, Google Play) son operadas por las compañías propietarias de los Sistemas Operativos Móviles. El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles requiere tener en cuenta las limitaciones de estos dispositivos (IBM 2012). Según IBM, existen 3 formas de desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles.

### **Aplicaciones Nativas.**

Son aquellas aplicaciones que se desarrollan con el software que ofrece cada sistema operativo, dentro de los más importantes en el mercado están: Android, iOS, BlackBerryOS y Windows. Generalmente están apoyados por un Kit para el Desarrollo Software para el proceso de programación (en inglés Software Development Kit SDK). Las aplicaciones nativas tienen archivos ejecutables que son denominados “binarios” que se descargan y ejecutan directamente del dispositivo y se almacenan localmente. Para descargar una aplicación nativa se puede visitar: Marketplace de Android, App Store de Apple, o App World de BlackBerry.

### **Aplicaciones web para móviles.**

Las aplicaciones web para dispositivos móviles, comúnmente llamadas “web apps” se programan utilizando HTML, Javascript y CSS. A diferencia de las aplicaciones nativas, no emplean un SDK en específico. Esto quiere decir que, el programa que se desarrolla es independiente del sistema operativo en el cual tu aplicación será utilizada.

### **Aplicaciones Híbridas.**

Son aplicaciones para dispositivos móviles combinan las dos anteriores, es decir, aplicaciones nativas y aplicaciones web.

#### **d) Perceived Usefulness and Ease of Use.**

Es un cuestionario para medir la calidad de software que ha sido validado y utilizado por (Davis 1989). Tiene dos atributos que mide la utilidad y la facilidad de uso, en total son 12 preguntas que el usuario debe de llenar en una escala de 1 a 7.

#### **e) Sensor.**

Un sensor en comparación a los sentidos del ser humano, puede ser un artefacto que ayude a detectar el calor, aire contaminado, el frío, la presencia, el movimiento de un objeto, etc. El sensor puede ser tan simple como un sensor de un bit que detecta si un interruptor está encendido o apagado o tan complejo como la retina del ojo humano, que contiene más de 100 millones de elementos fotosensibles (Russell y Norvig 2004).

#### **f) Arduino**

Es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al micro controlador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el



procesamiento. El hardware consiste en una placa con un micro controlador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los micros controladores más usados en las plataformas Arduino son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez (Crespo 2015).

**g) Sensor de temperatura**

El sensor de temperatura es un dispositivo que permite medir la calor y convertirlo en valor numérico (grados Celsius) así como el termómetro de mercurio que muestra la calor de un cuerpo con la dilatación del mercurio y la extensión de la dilatación lo presenta en un valor numérico de grados Celsius, en cambio el sensor de humedad mide en valor numérico (%) la cantidad de agua o vapor de agua que se encuentra en el aire (Rojas Cardona, Vaca Lozano y Vaca Lozano 2017).

**h) Sensor de temperatura MLX90614**

El sensor MLX90614 integra un circuito de filtrado de ruido, un conversor A/D de 17 bits de resolución y un procesador digital de señales, entregando un amplio rango de trabajo para objetos desde -70 °C hasta 380 °C, con una precisión de 0,5 °C, ver Figura 6.



Figura 6 — Sensor de temperatura MLX90614  
Fuente: Store.arduino.cc

**i) Sensor de polvo (Optical Dust Sensor - GP2Y1010AU0F)**

Es un sensor óptico de calidad de aire diseñado para medir la densidad de partículas. Es capaz de medir la luz reflectada del polvo en el aire, siendo eficaz para detectar partículas finas como el humo de cigarrillo, también es usado comúnmente en sistema purificadores de aire, tiene bajo consumo energético (20 mA máximo, promedio 11 mA) y la salida del sensor es analógica que proporcional a la medida de densidad de polvo.

**j) Placa Arduino Uno R3**

Posee 14 entradas/salidas digitales (6 pueden usarse como PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, conexión USB, conector de alimentación, conector ICSP y un botón de Reset. La tarjeta contiene todo lo necesario para el funcionamiento del microcontrolador; basta conectarlo al puerto USB o alimentarlo con una fuente de voltaje continuo o una batería para empezar a usarlo (Ruengittinun, Phongsamsuan y Sureeratanakorn 2017).



### k) Cámara Térmica IR - AMG8833

Este sensor es una matriz 8x8 de sensores térmicos IR (Mejia y Varona 2014). Esta placa medirá temperaturas que oscilan entre 0 °C y 120 °C con una precisión de + - 2,5 °C (4,5 °F). Puede detectar un humano desde una distancia de hasta 7 metros (23 pies), ver figura 7.

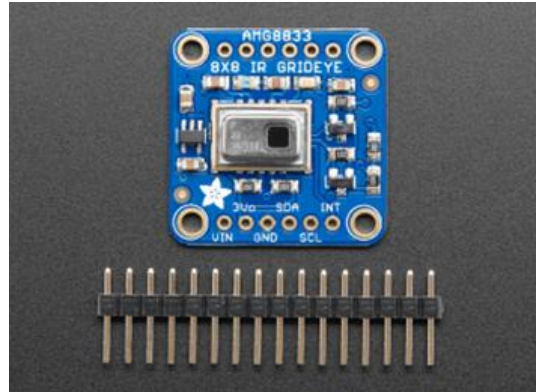


Figura 7 — Cámara térmica  
Fuente: Store.arduino.cc

### l) Arduino uno wifi (Code: 8058333492308)

La placa se basa en el ATmega328P con un módulo ESP8266 Wi-Fi integrado (hoja de datos). Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador de cerámica de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar (Ruengittinun, Phongsamsuan y Sureeratanakorn 2017).

El módulo Wi-Fi ESP8266 es un SoC autónomo con pila de protocolo TCP / IP integrado que puede brindar acceso a su red Wi-Fi. (O el dispositivo puede actuar como un punto de acceso). Una característica útil de Uno Wi-Fi es la compatibilidad con la programación OTA (inalámbrica), ya sea para transferir bocetos de Arduino o firmware de Wi-Fi, ver Figura 8.

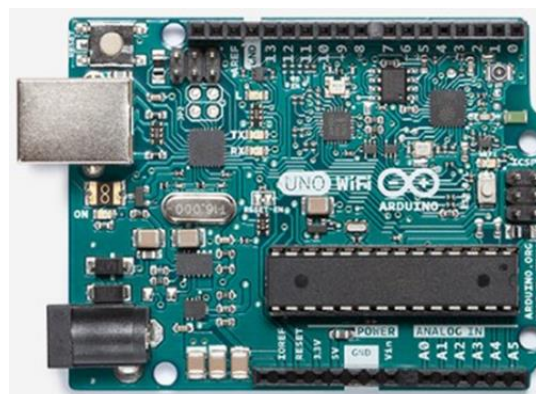


Figura 8 — Arduino WiFi  
Fuente: Store.arduino.cc



**m) Resistencia de 220 ohms**

Resistencia de 10K para usar como Pull-Up o Pull-Down en entradas digitales con pulsadores o switches.

**n) Área de chancado Primario**

La finalidad del área de chancado primario es fragmentar la roca a una dimensión como máximo de 18 centímetros (7 pulgadas) de diámetro, el mineral grueso proviene del tajo que es transportado en camiones de 360 toneladas a 400 toneladas de capacidad, esta es recepcionada por dos tolvas de alimentación que están implementadas por dos pica rocas en cada tolva reduciendo el tamaño de la roca mayor a 1,5 toneladas (Huamaní Cayllahua y Huamaní Pérez 2017).

Luego es transportado por una faja de 183 (72 pulgadas) de ancho con una trayectoria de 5,2 km de longitud hasta una pila de acopio de mineral grueso, ver figura 9.



Figura 9 — Área de chancado primario  
Fuente: (Bambas [sin fecha])

**o) Pila de acopio**

El mineral grueso es llevado por la faja N° 04 al área que recepción el mineral hasta 105 000 toneladas adquiriendo la forma de un cono inverso y es conducido a los molinos SAG donde ocurre el proceso de molienda del mineral (Bambas [sin fecha]).

**p) 0220-CVB-03-Faja**

Esta faja mide 2613 metros de longitud, comienza por la estación de transferencia N° 01 hasta la estación de trasferencia N° 02 estas estaciones tienen un sistema de colectores de polvo reduciendo las emisiones al medio ambiente.

**q) 0220-CVB-04-Faja**

Esta faja mide 2729 metros de longitud, desde la estación N° 02 hasta la pila de acopio de mineral grueso.

**r) Sistema motriz**

Sistema de potencia que genera energía mecánica al tambor motriz e indirectamente a los polines y al mineral grueso, este sistema está conformado por un motor eléctrico de energía cinética rotacional y una caja reductora generando la fuerza necesaria para el movimiento de toda la faja (Silva Sanhueza 2017).

**s) Monitoreo de campo**

Los polines son monitoreados con reportes diarios, utilizando equipos como el pirómetro que calcula la temperatura y es manipulado por el personal capacitado. Estos reportes indican el estado actual del polín, de esta manera se programa su cambio o mantenimiento en una parada programada (Quijandria Salmon 2001).

**t) Seguridad**

Existen accidentes e incidentes en el ámbito de la minería que se pueden evitar aplicando medidas de seguridad, establecidos por el reglamento de seguridad y salud ocupacional minera y fiscalizado por el Ministerio de Energía y Minas (Quijandria Salmon 2001).

Por otro lado, las empresas mineras establecen requisitos necesarios que tiene que cumplir sus trabajadores para evitar incidentes y accidentes; en el área de chancado donde se encuentra la faja transportadora pueden ocurrir accidentes como caída de personas, caída de materiales, inhalación de polvo y otros que pueden ser prevenidos cumpliendo las medidas de seguridad (Minera 2014), cabe mencionar que también existe medidas de seguridad ante un fenómeno natural como es las tormentas eléctricas, se trata de establecer una comunicación efectiva de advertencia ante presencia de una tormenta eléctrica, donde se aplica alarmas sonoras y dispositivos visibles instalados en zonas estratégicas así mismo se tiene sitios de refugio especialmente acondicionados para resistir descargas eléctricas atmosféricas, que están señalizados y seguros para que sean ocupados por el personal cuando sean necesario.

**u) Diseño del polín**

La selección de los polines se da por el diámetro, tamaño, tipo de rodamientos dependiendo del tipo de servicio, condiciones de operación, capacidad de carga y velocidad de la faja transportadora.



Los polines están disponibles para anchos de faja de 18 pulgadas a 72 pulgadas, la velocidad máxima recomendada es de 5,08 metros por segundo y son fabricados con el estándar de capacidad de carga por CEMA.

**v) Rodamientos**

SKF o equivalentes – de bolas sellados y lubricados de por vida por el fabricante, evitando así costos de mantenimiento y paros innecesarios de producción. Ampliamente aceptados por su alta eficiencia y precisión, confiabilidad, resistencia y óptimo funcionamiento.

**w) Lubricante**

La lubricación que requiere el polín es sellado y lubricado de por vida utilizando grasa lubricante de litio de alta calidad (Group 2022).

**x) Polines de retorno**

Polines que permiten el retorno de la faja; estas están instaladas a una distancia 2 a 3 veces más que los polines principales de ida ya que solo retorna la faja, ver figura 10 (Rojas Valdés 2018).

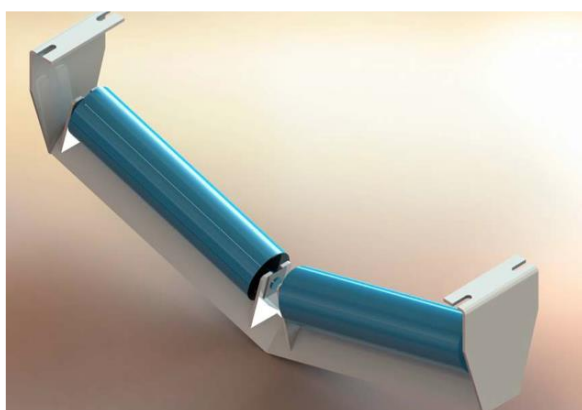


Figura 10 — Polín para correas transportadoras de retorno

**y) Polín de impacto**

Su trabajo es recibir la carga de impacto evitando dañar a las estructuras por el golpe, estas están instaladas en sitios estratégicos como en estaciones de transferencia (Rojas Valdés 2018).

El estándar de capacidad de carga CEMA están orientados en la vida útil promedio del rodamiento 30 000 h a 500 r/min, ver Figura 11 (Group 2022).

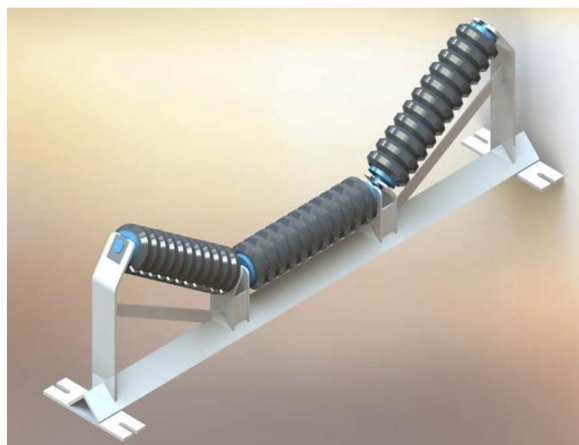


Figura 11 — Polín de impacto

**z) Polín de alineación**

Estos polines tienen la misma característica que los otros ya mencionados a diferencia de contar con un par de rodillos en los extremos que se encargan de mantener uniforme a la faja y evitar el colapso, ver Figura 12 (Rojas Valdés 2018).

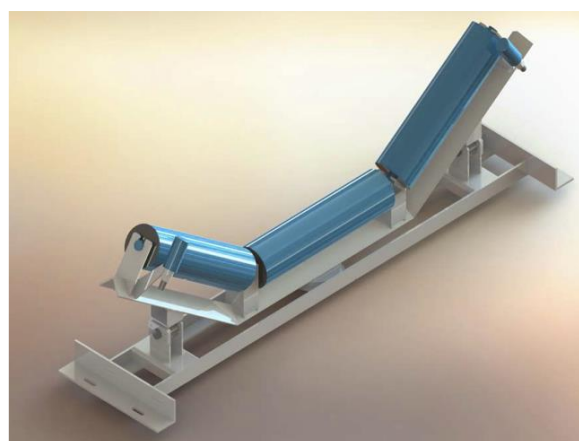


Figura 12 — Polín de alineación - [www.cfhhile.cl](http://www.cfhhile.cl)

**aa) Bastidor**

Es la estructura metálica que actúa como soporte de los polines, la faja y el material grueso apernados en una base sólida cementada; la instalación debe ser fija e inmóvil con una velocidad uniforme para evitar desalineamiento de la faja.

**bb) Acumulación de material**

El polvo y el derrame del material en conjunto con la humedad degradan el equipo con el tiempo como a las estructuras (bastidor), polín; así requiriendo personal especializado para el mantenimiento y limpieza; este material una vez derramado puede contaminarse y no podrá ser regresado generando disminución de eficacia, aumentando el costo en maquinaria como mini cargadores que estos a su vez realizan la limpieza (Engineering 2022) .



**cc) Parada programada**

Son actividades previstos por la empresa minera donde se realiza trabajos que no se pueden ejecutar durante la operación normal, esto puede durar horas e incluso días, los trabajos constituyen el mantenimiento de los equipos, cambio de equipos o de sus componentes que se encuentren dañados, reparar los fallos encontrados, limpieza y otros aspectos que cooperen al buen desarrollo y maximizar el rendimiento de la operación (Amendola [sin fecha]). En la minera Las Bambas se planifica las paradas por áreas.

**dd) Parada no programada**

Se refiere a los trabajos no planificados que ocurre generalmente, por fallas de tiempo real ocurridas en el equipo, lo cual deben ser solucionadas en tiempo mínimo para no perjudicar la productividad, sin embargo, esta actividad ocasiona pérdidas económicas a la empresa minera (Rojas Llanllaya 2014).



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

Según a su propósito o finalidad, el tipo de investigación es “investigación aplicada”, porque como parte del proceso de investigación se creó un software y se utilizará en la práctica. Por el tipo de información que se considera será una “investigación descriptiva”.

#### 4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue no experimental de tipo transeccional, porque la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una variable en un momento dado.

#### 4.3 Descripción ética de la investigación (no corresponde)

#### 4.4 Población y muestra

##### **Población**

La población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado y Baptista Lucio 2006).

Para este trabajo de investigación se utilizó una población por conveniencia, y para el caso se consideró 10 usuarios (Ingenieros o especialistas que conozcan del funcionamiento de faja transportadora).

##### **Muestra**

La muestra es igual a la población, es decir 10 usuarios que probaron el sistema y dieron su opinión. En este proyecto se usó el método de muestreo por conveniencia, debido a que los participantes no se pudieron seleccionar de manera aleatoria, debido a la pandemia del COVID-19 el acceso era restringido a las minas y por las limitaciones de tiempo. El Anexo 3 muestra la lista de los participantes.

#### 4.5 Procedimiento

##### 4.5.1 Diseño y construcción de módulo de la cámara termográfica

Etapa 1: Revisión de la literatura sobre fajas transportadores y polines



Etapa 2: Se realizó el diseño y construcción de la cámara termográfica de bajo costo.

#### 4.5.2 Diseño e implementación del módulo de software de monitoreo

Etapa 3: Programación de los módulos de lectura de la temperatura con el sensor de Arduino.

Etapa 4: Programación de los módulos web y base de datos para recolectar los datos.

Etapa 5: Programación de los módulos notificación mediante SMS, correo y red social Telegram.

#### 4.5.3 Integración de los módulos

Etapa 6: Pruebas del sistema

Etapa 7: Aplicación de los instrumentos de recolección de datos

Etapa 8: Análisis de los datos obtenidos

Etapa 9: Redacción del informe final del proyecto

#### 4.6 Técnica e instrumentos

La tabla 2 muestra las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación.

Tabla 2 — Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento
<b>Encuesta.</b> – Documento que sirve para recabar información con preguntas abiertas o cerradas.	<b>Cuestionario.</b> Técnica que consiste en formular un conjunto de preguntas para que los usuarios puedan completar.

#### 4.7 Análisis estadístico

Para este trabajo de investigación se utilizó un análisis estadístico mediante:

Análisis de Frecuencia: Tablas, histogramas y gráficos. Esto para conocer los resultados de las lecturas realizadas por el sensor de temperatura.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Reducir el costo de adquisición de una cámara termográfica para el monitoreo del funcionamiento en un polín en una faja transportadora en minería

Los costos de la cámara termográfica se muestran en la tabla 3

Tabla 3 — Costos de la cámara termográfica de bajo costo

Dispositivo	Costo (soles)
Arduino Uno	280,00
Raspberry Pi 4 Model B	620,00
Sensor de temperatura sin contacto MLX90614	160,00
Cámara Pi	220,00
Sensor de cámara térmica AMG8833	490,00
Impresión de carcasa protectora en impresora 3D	140,00
Modem	230,00
Instalación y configuración del software	300,00
Otros gastos	60,00
<b>Total</b>	<b>2500,00</b>

La Tabla 4 muestra los costos de una cámara termográfica en el mercado actual

Tabla 4 — Costos de la cámara termográfica comercial

Dispositivo	Costo (soles)
Cámara termográfica FLIR	4300,00
<b>Total</b>	<b>4300,00</b>

Los resultados muestran la “cámara termográfica de bajo costo” que fue construida en este proyecto tiene un costo 41,86% menor que la cámara termográfica en el mercado ( $100 - 2500/4300 * 100 = 41,86\%$ ).

##### 5.1.2 Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios al utilizar la cámara termográfica de bajo costo en una faja transportadora en minería.

#### Resultados de la aplicación del cuestionario PUEU

Para medir la usabilidad de la cámara termográfica se utilizó el cuestionario “Perceived Usefulness and Ease of Use” (PUEU) (Davis 1989), que mide la percepción de la “utilidad” y “facilidad de uso” de un producto tecnológico que se va a crear o lanzar al mercado.

El cuestionario consta de 12 preguntas y se muestra en la Tabla 5, donde “Item”, significa el número de pregunta y “Pregunta” significa la pregunta del cuestionario, y “Grupo” significa si

la pregunta pertenece al grupo de preguntas de percepción de la “Utilidad” (U) o al grupo de preguntas de Facilidad de Uso (FU).

Tabla 5 — Cuestionario PUEU

Ítem	Pregunta	Grupo
P1	¿Usar el sistema en mi trabajo me permitiría realizar tareas más rápidamente?	U
P2	¿Usar el sistema mejoraría mi desempeño laboral?	U
P3	¿Usar el sistema en mi trabajo aumentaría mi productividad?	U
P4	¿El uso del sistema mejoraría mi eficacia en el trabajo?	U
P5	¿El uso del sistema facilitaría la realización de mi trabajo?	U
P6	¿El sistema me resultaría útil en mi trabajo?	U
P7	¿Aprender a operar el sistema me resultaría fácil?	FU
P8	¿Me resultaría fácil conseguir que el sistema haga lo que le ordeno?	FU
P9	¿Mi interacción con el sistema sería clara y comprensible?	FU
P10	¿Me parece que el sistema es flexible para interactuar?	FU
P11	¿Sería fácil para mí aprender a usar el sistema?	FU
P12	¿Me parecería que el sistema es fácil de usar?	FU

Las preguntas P1, P2, P3, P4, P5 y P6 son preguntas orientadas para medir la “Utilidad” y las preguntas P7, P8, P9, P10, P11, P12 son preguntas orientadas para medir la “facilidad de uso”. El cuestionario se aplicó a 10 personas con conocimiento del funcionamiento de una faja transportadora con polines, dentro de ellos Bachilleres, Ingenieros de Minas y empresarios que utilizan una faja transportadora. Primero, se explicó el funcionamiento de prototipo creado durante 30 minutos aproximadamente, y luego se les pidió que completaran el cuestionario PUEU. Se aplicó en dos fechas el 29 de marzo de 2022 y el 25 de abril de 2022.

Después de aplicar el cuestionario, se procedió a procesar la información y se obtuvieron los siguientes resultados:

#### a) Resultados de la utilidad (global)

Según la opinión de los participantes, el 93% (65%+28%) de ellos considera que el sistema tiene utilidad para realizar el monitoreo del polín en una faja transportadora. La Figura 13 muestra los resultados de la utilidad.

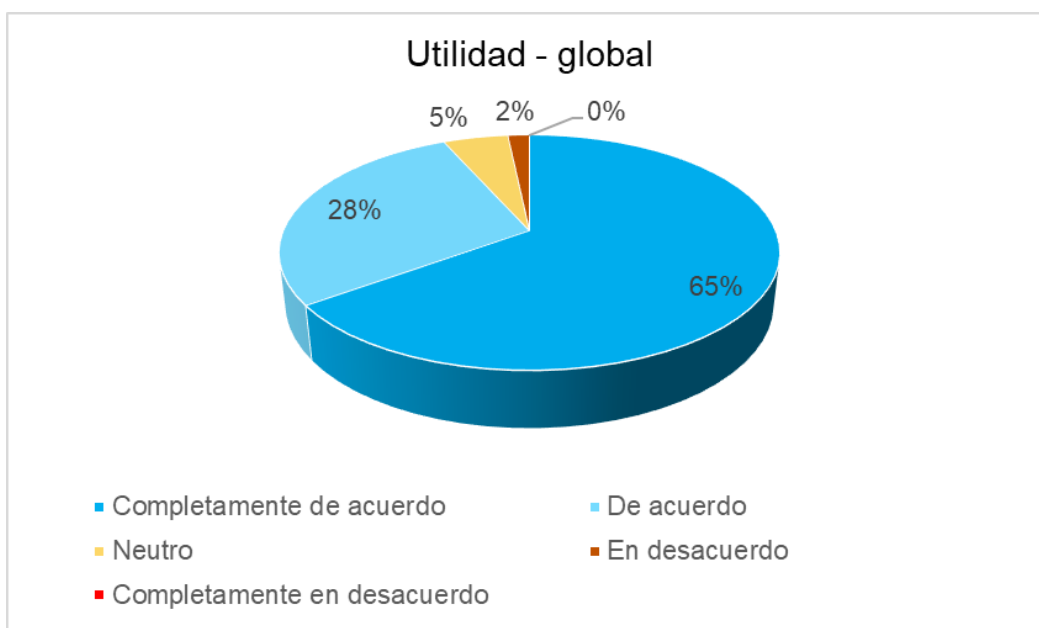


Figura 13 — Resultados de percepción de la utilidad en forma global.

La Tabla 6 muestra los resultados de la percepción de la utilidad por cada encuestado, los valores 3, 4 y 5 significa la puntuación que asignó un participante, siendo 5 el valor más alto. La etiqueta “Encuestado” denota a la persona encuestada; “P1”, “P2”, “P3”, “P4”, “P5” y “P6” denota las preguntas; y “Prom.” denota el promedio de la valoración de cada encuestado; y finalmente en la parte final de la tabla se tiene el “promedio” general cuyo valor es 4,57 de un máximo de 5 puntos.

Tabla 6 — Percepción de utilidad de los encuestados por pregunta

Encuestados	Preguntas						Prom.
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
E1	5	5	5	4	4	5	4,67
E2	5	5	5	4	4	5	4,67
E3	5	5	5	5	5	5	5,00
E4	3	5	4	5	4	4	4,17
E5	5	4	5	5	5	5	4,83
E6	5	5	5	4	4	5	4,67
E7	5	5	5	4	4	5	4,67
E8	5	5	5	5	5	5	5,00
E9	3	5	4	5	4	4	4,17
E10	4	4	5	2	3	5	3,83
Promedio							4,57

Respecto a los resultados por cada pregunta para la utilidad, se puede observar que en la pregunta “P1” 8 participantes (7+1) consideran estar de acuerdo que el sistema tiene utilidad para realizar el monitoreo del polín en una faja transportadora. Así sucesivamente



en las preguntas P2, P3, P4, P5 y P6 muestran la misma tendencia. La Figura 14 muestra los resultados de la utilidad por pregunta.

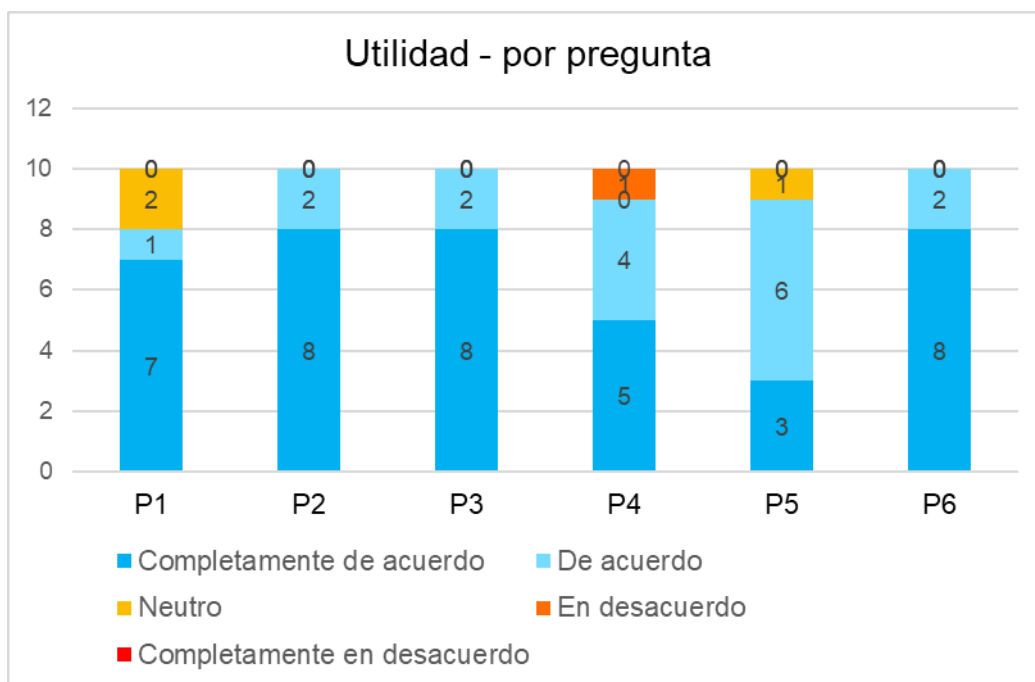


Figura 14 — Resultados de utilidad por cada pregunta

**b) Resultados de la facilidad de uso**

Por otro lado, según la opinión de los participantes, el 95% (60%+35%) de ellos consideran que el sistema tiene “Facilidad de Uso” para realizar el monitoreo del polín en una faja transportadora. La Figura 15 muestra los resultados de la utilidad.

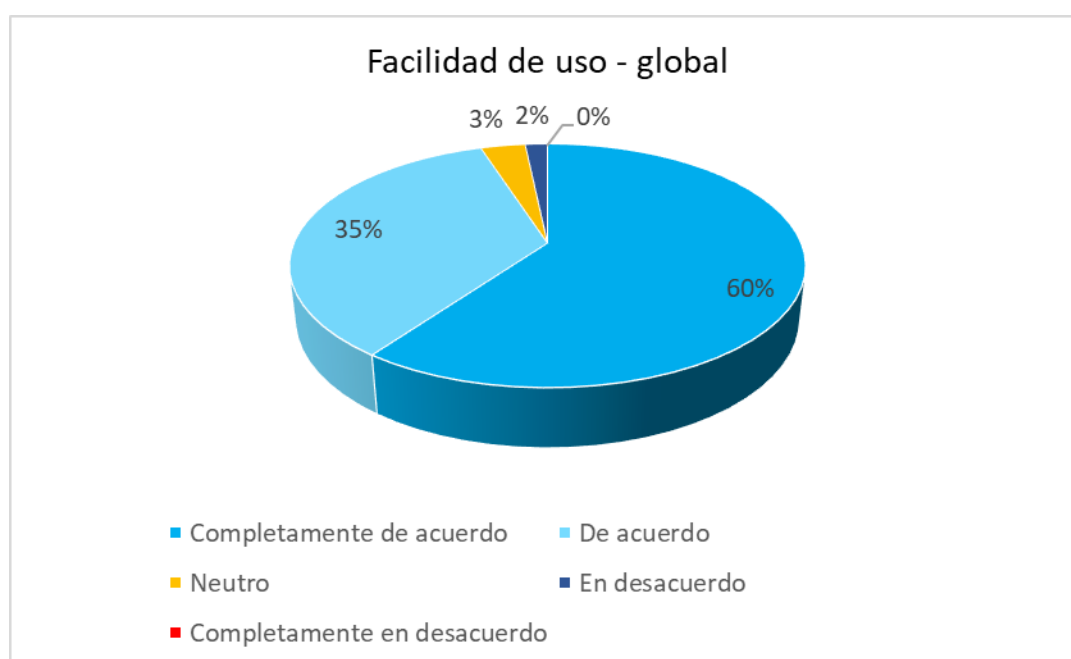


Figura 15 — Resultados de facilidad de uso de forma global



La Tabla 7 muestra los resultados de la percepción de la utilidad por cada encuestado, los valores 3, 4 y 5 significa la puntuación que asignó un participante, siendo 5 el valor más alto. La etiqueta “Encuestado” denota a la persona encuestada; “P7”, “P8”, “P9”, “P10”, “P11” y “P12” denota las preguntas; y “Prom.” denota el promedio de la valoración de cada encuestado; y finalmente en la parte final de la tabla se tiene el “promedio” general cuyo valor es 4,53 de un máximo de 5 puntos.

Tabla 7 — Percepción de facilidad de uso de los encuestados por pregunta

Encuestados	Preguntas						Prom.
	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
E1	5	5	5	5	5	5	5,00
E2	5	4	4	5	5	4	4,50
E3	4	5	5	4	4	4	4,33
E4	5	3	4	4	4	5	4,17
E5	5	5	5	5	5	5	5,00
E6	5	5	5	5	5	5	5,00
E7	5	4	4	5	5	4	4,50
E8	4	5	5	4	4	4	4,33
E9	5	3	4	4	4	5	4,17
E10	5	2	4	5	5	5	4,33
Promedio							4,53

Respecto a los resultados por cada pregunta para la utilidad, se puede observar que en la pregunta “P1” 10 participantes (8+2) consideran estar de acuerdo que el sistema es “fácil de usar” para realizar el monitoreo del polín en una faja transportadora. Así sucesivamente en las preguntas P2, P3, P4, P5 y P6 muestran la misma tendencia. La figura 16 muestra los resultados de la utilidad para las seis preguntas.

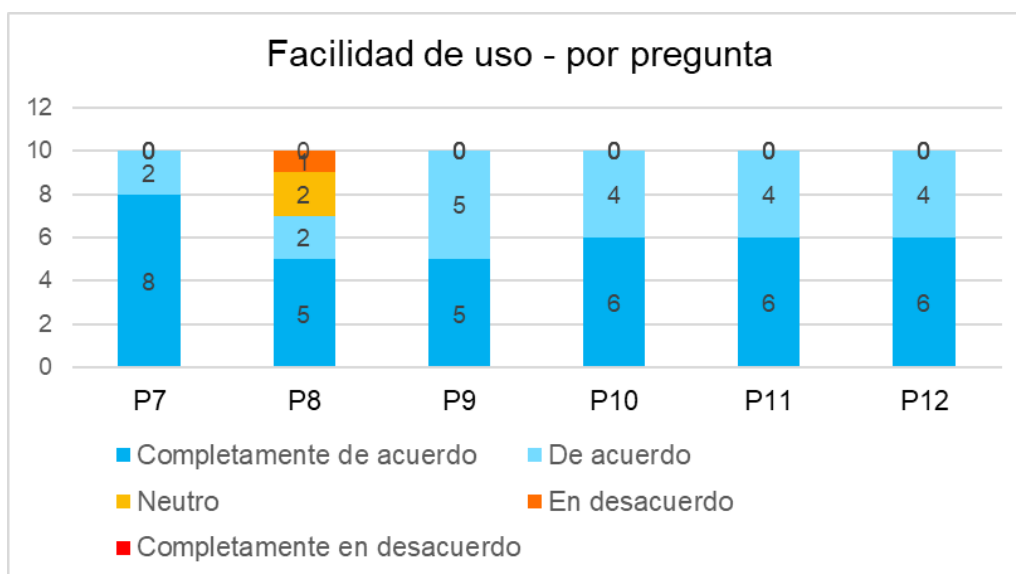


Figura 16 — Resultados de facilidad de uso por pregunta



### 5.1.3 Construcción del módulo cámara termográfica de bajo costo

En esta parte se describe los resultados del módulo de la cámara termográfica construidos con hardware libre.

El módulo de la cámara termográfica que tiene las siguientes dimensiones: 16 cm de largo, 20 cm de ancho y 12 cm de altura. Dentro de la caja se tiene el microcontrolador Arduino Uno (para leer la temperatura); cámara termográfica (para crear el mapa de calor); una video cámara para tomar fotos o video; una placa Raspberry Pi (como servidor de datos), y otros dispositivos que interconectan. La figura 17, en la parte izquierda muestra la impresora 3D utilizada, y en el lado derecho muestra la impresión de la carcasa en una impresora 3D y la figura 18 muestra el prototipo creado.

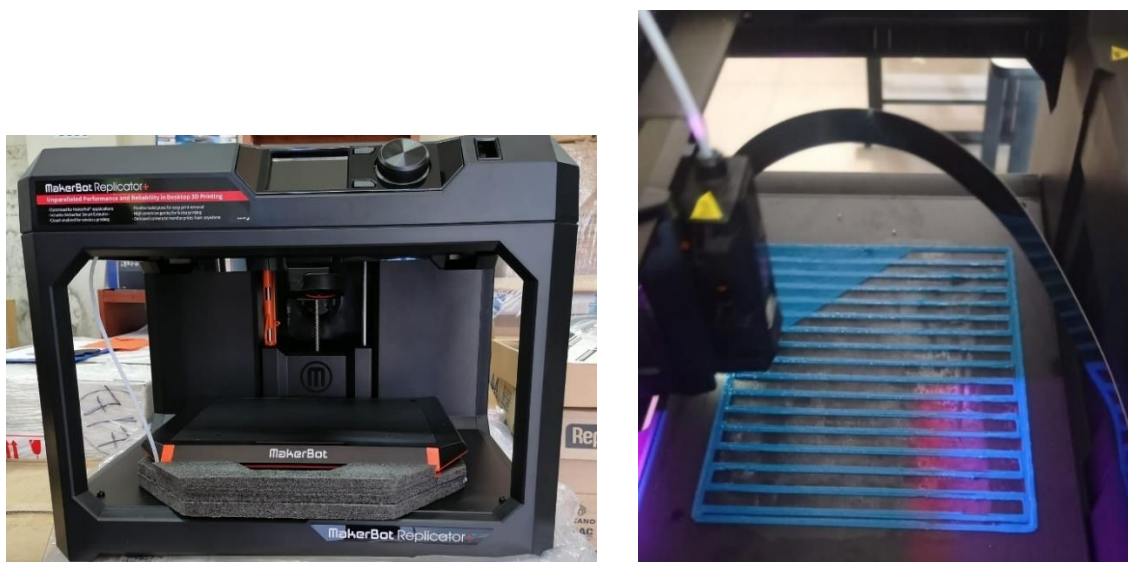


Figura 17 — Impresión de la carcasa en una impresora 3D

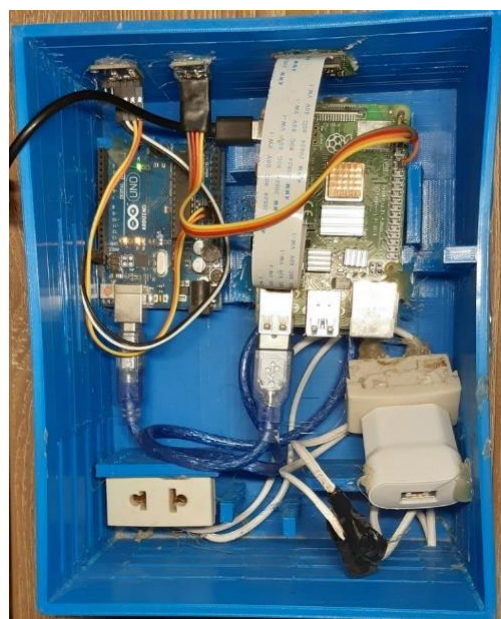


Figura 18 — Construcción del módulo de cámara termografica

La Figura 19, muestra la calibración que realiza el ingeniero Jaime Guevara Rios; y la Figura 20, muestran la impresión en 3D de parte de la estudiante Keni Luz Milagros Huacac Mendoza (ambos miembros del proyecto de investigación)






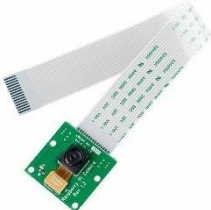

Figura 19 — Calibración de la impresora 3D por el Ing. Jaime Guevara Rios (Responsable)



Figura 20 — Impresión del prototipo de la carcasa en impresora 3D por el estudiante Keni Luz Milagros Huacac Mendoza (miembro)

La Tabla 8 muestra los componentes utilizados para la construcción del módulo de la cámara termográfica de bajo costo.

Tabla 8 — Componentes más importantes utilizados

Componente	Descripción	Imagen
<p><b>Arduino Uno</b></p>	<p>Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Posee 14 pines (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), de entrada/salida digital. Tiene 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conector 40ack de alimentación, conexión USB.</p>	
<p><b>Raspberry Pi 4 Model B</b></p>	<p>Tiene 4 GB de RAM (LPDDR), LAN inalámbrica de doble banda 802. 11 b/g/n/ac, Bluetooth 5.0, 2 puertos USB 3.0, 2 puertos USB 2.0, Gigabit Ethernet Power-over-Ethernet, conector GPIO de 40 pines, 2 puertos microHDMI, puerto de cámara CSI, conector 40ack combinado de 3,5 mm de audio analógico y vídeo compuesto, ranura de tarjeta microSD, conector USB-C.</p>	
<p><b>Sensor de temperatura sin contacto MLX90614</b></p>	<p>Es un termómetro infrarrojo para sensar temperatura (sin contacto directo, sino a a una distancia corta). Tiene ADC interno de 17-bits, adicionalmente, posee una interfaz de comunicación digital SMBus/I2C.</p>	
<p><b>Cámara Pi</b></p>	<p>Cámara v2 para Raspberry pi, tiene um sensor Sony IMX219, es de 8mpx, 1080P</p>	
<p><b>Sensor de cámara térmica AMG8833</b></p>	<p>Es un sensor de cámara térmica IR. Tiene un arreglo de sensores térmicos IR distribuidos en una matriz de en 8 filas por 8 columnas.</p>	



#### 5.1.4 Instalación del sistema en la faja transportadora

El sistema fue instalado en un polín de la faja transportadora **Overland Mina Las Bambas** de fecha **01/09/2023**, como se aprecia en la figura. La Figura 21 muestra, la instalación del dispositivo sin protección de polvo, y la Figura 22 muestra el dispositivo instalado con protección de polvo. En ambos casos la instalación lo hizo el egresado Queen Dennis Vargas Ovalle, a quien se le gestiono el seguro para ingresar a la mina y se hizo en la planta



Figura 21 — Instalación del sistema en la faja transportadora sin protección de polvo por el estudiante Queen Dennis Vargas Ovalle (miembro)

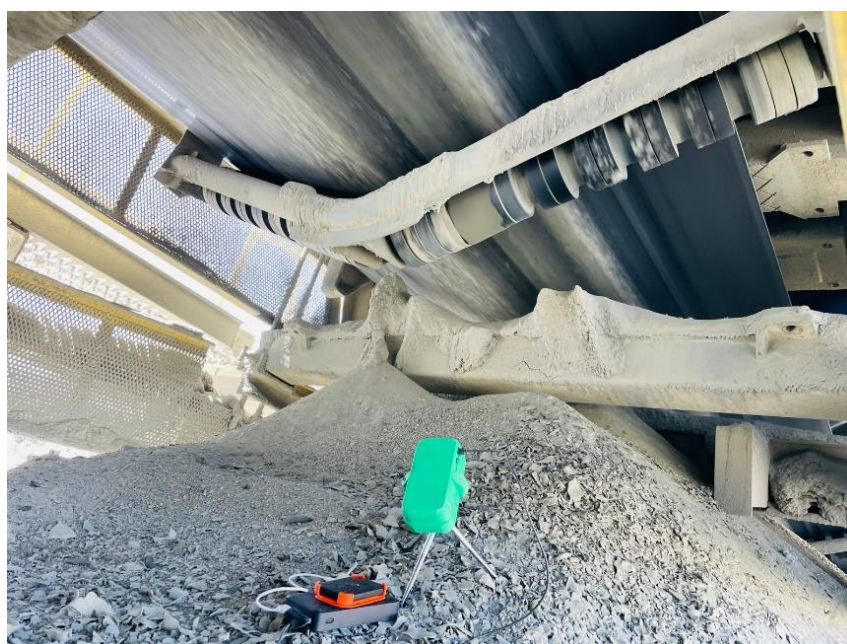


Figura 22 — Instalacion del sistema en la faja transportadora con proteccion de polvo por el estudiante Queen Dennis Vargas Ovalle (miembro)

## **5.1.5 Monitoreo de la temperatura**

### **5.1.5.1 Procedimiento de calibración**

Para poder realizar el control de la temperatura, primero se calibró el sensor de temperatura MLX90614 con un termómetro digital “EuroTech”, de tal forma que su medición sea con el menor error posible.

### **5.1.5.2 Monitoreo de la temperatura**

El procedimiento para el monitoreo de temperatura se realizó de la siguiente forma:

- El sensor de temperatura envía datos a la cámara termográfica de bajo costo
- La cámara termográfica envía los datos de la temperatura al servidor de base de datos en la nube
- El cliente mediante un navegador o una aplicación de Telegram puede solicitar el valor actual de la temperatura del Polín de fajas
- El sistema le muestra la temperatura actual al cliente

De esta forma el cliente tiene el monitoreo de la temperatura actual del polín durante las 24 horas haciendo las consultas al sistema.

### **5.1.5.3 Envío de notificaciones**

Para hacer un mejor control de la temperatura se ha realizado un módulo que permita enviar notificaciones al operador (de la faja transportadora) en su dispositivo móvil. Telegram es una red social que se diferencia de otras porque permite ejecutar Bots, que son aplicaciones de terceros que se pueden ejecutar dentro de la aplicación de mensajería.

En el caso específico de este proyecto de polines, se programó para que cuando el valor de la temperatura excede un límite máximo, por ejemplo, más de 50°C, es preferible enviar notificaciones al Ingeniero de minas responsable del monitoreo, para que pueda tomar mejores decisiones, por ejemplo, programar una parada del funcionamiento de la faja transportadora. Estas notificaciones pueden llegar mediante un mensaje de texto al celular, mediante una notificación a la red social Telegram o un mensaje al correo electrónico. Además, es posible que tome una foto para la cantidad de polvo acumulado. La figura 23 muestra una imagen térmica o mapa de calor solicitada desde Telegram, y la figura 24 muestra una foto tomada con la cámara instalada en Raspberry Pi y que es notificada al celular del cliente mediante la red social Telegram. El código de Arduino se muestra en el Anexo 1 y la instalación del servidor web en RaspBerry PI se muestra en el Anexo 2.



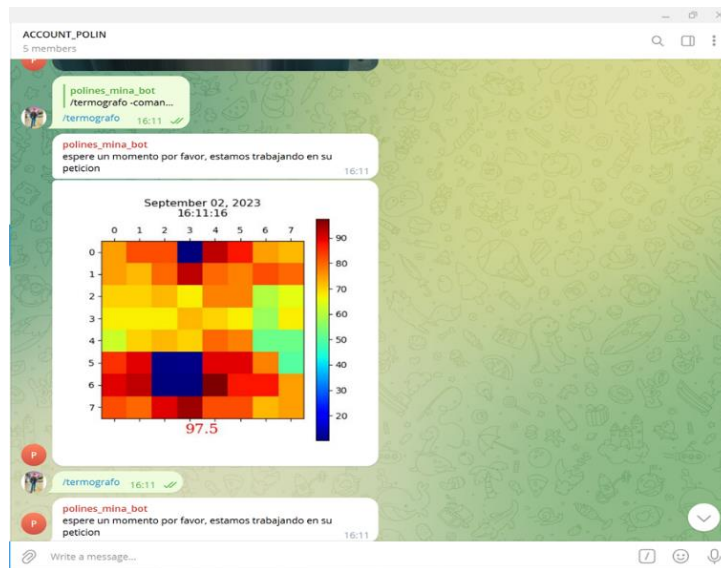


Figura 23 — Envío de una imagen termográfica del estado actual del polín al celular (Telegram)

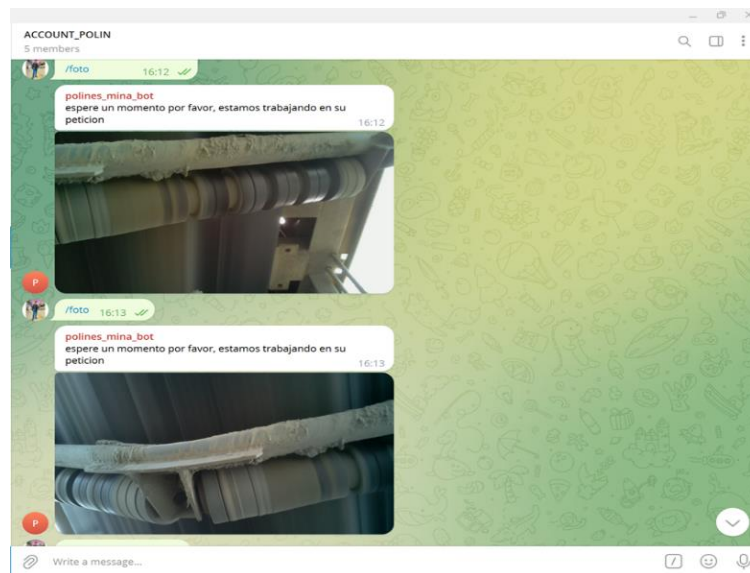


Figura 24 — Envío de la temperatura actual del polín al celular (Telegram)

## 5.1.6 Resultados del Sistema

### 5.1.6.1 Herramientas usadas para el desarrollo de la aplicación

La Tabla 9 muestra las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema

Tabla 9 — Herramientas usadas para el desarrollo del sistema

Herramienta	Descripción
<b>Aplicación web</b>	
PHP	Lenguaje de programación para el back-end (Entorno web).
JavaScript	Lenguaje de programación para el front-end.
HTML5	Lenguaje de marcado
CSS	Lenguaje de estilos
MySQL	Base de datos para el entorno web.

Laravel	Framework PHP con el patrón MVC, es de código abierto.
Chart.js	Librería para mostrar los gráficos
Highcharts JS	Librería para mostrar los gráficos interactivos
<b>Arduino</b>	
Arduino	Lenguaje de programación específico para Arduino
<b>Raspberry Pi</b>	
CSV	Archivo separado por comas (CSV)
Raspbian	Sistema operativo del miniservidor
Python	Lenguaje de programación
MySQL	Base de datos para actualizar datos en la nube.
<b>Ciente</b>	
Telegram	Aplicación móvil de red social para hacer las consultas
Bot-API	API de Telegram que permite crear programas que usan mensajes de Telegram para una interfaz.
Navegador web	Navegador web que el cliente usa para hacer las consultas (Firefox, Chrome, Edge)

### 5.1.6.2 Arquitectura del sistema

Por un lado, se tiene el mini servidor Raspberry Pi que lee los datos mediante el sensor de temperatura (cada cierto tiempo, por ejemplo, cada hora). Estos datos leídos son enviados mediante la conexión WiFi del mini servidor y pasando por el modem que está conectado a internet, luego son almacenados en el servidor de datos en la nube. En caso que no haya conectividad a internet, estos datos serán almacenados en el archivo de texto con formato CSV, y cuando se reestablezca la conectividad a internet, entonces, el servidor de base de datos en la nube será actualizado y luego el archivo CSV vaciado. Los datos de la temperatura se muestran al cliente mediante un navegador web, una tablet o un celular.

Por otro lado, el sistema utiliza una placa Arduino que a petición de un cliente (mediante un navegador web), puede solicitar que tome una imagen térmica o mapa de calor mediante cámara termográfica de bajo costo, luego estos datos son enviados al mini servidor Raspberry Pi y este lo envía al servidor web en la nube y mediante la red social Telegram le muestra al cliente. En caso que no haya conectividad esta imagen no podrá ser mostrada al cliente mediante una laptop, una tablet o un celular.

Similarmente, el cliente puede solicitar una foto o un video instantáneo, luego esta petición es enviada al Raspberry Pi, y luego esta es enviada al servidor web en la nube y mediante la red social Telegram se muestra al cliente. En caso que no haya conectividad esta imagen o video no podrá ser mostrada al cliente mediante una laptop, una tablet o un celular. La Figura 25 muestra la conectividad de los dispositivos.



Figura 25 — Pruebas de conectividad al prototípica por el Dr. Manuel Ibarra Cabrera (miembro)

Asimismo, la Figura 26 muestra la arquitectura del sistema.

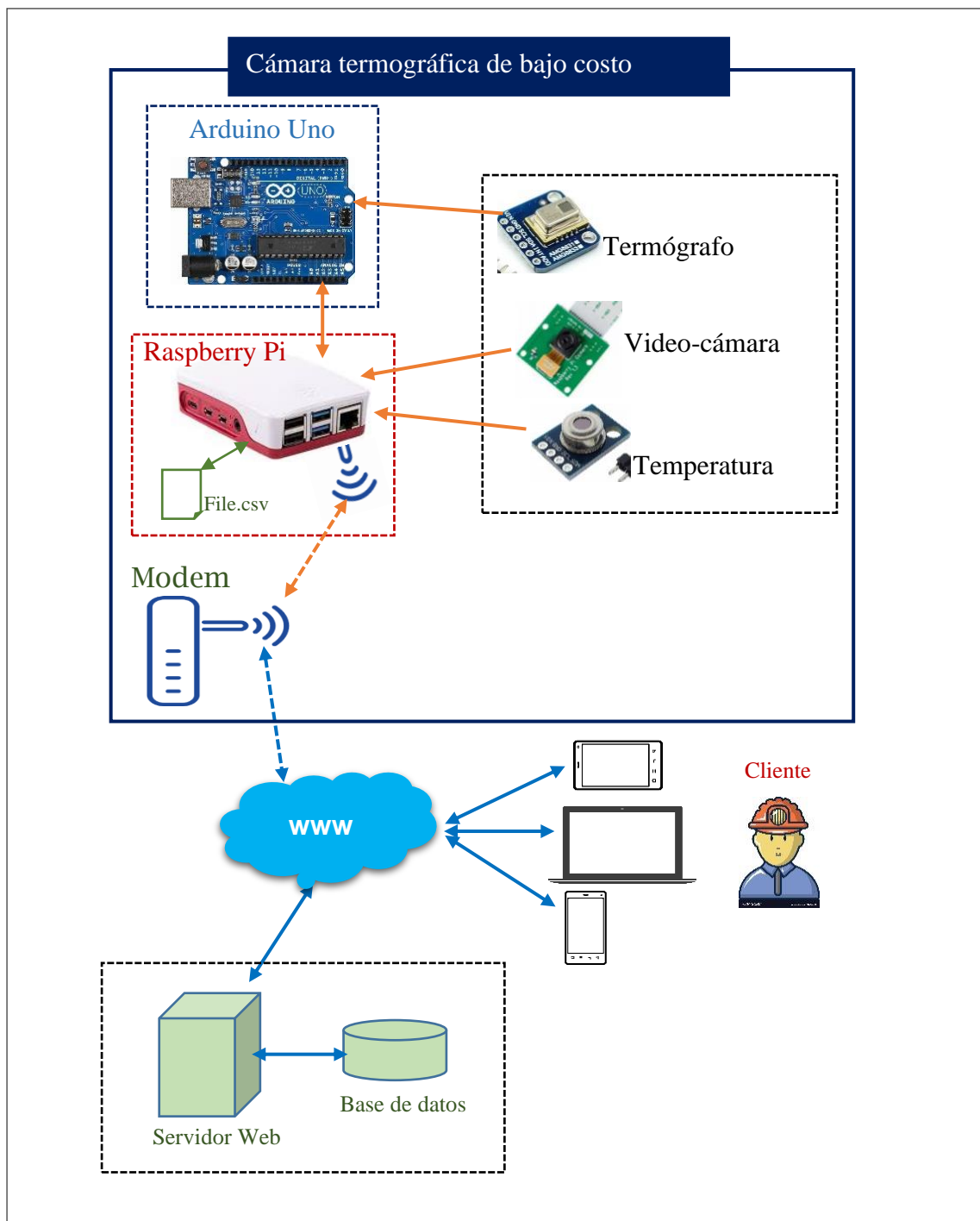


Figura 26 — Arquitectura lógica del sistema

### 5.1.6.3 Historias de usuario del sistema

Las tablas del 10 al 21 muestran las Historias de Usuario (HU) del sistema desarrollado

Tabla 10 — H.U. Registro de usuarios de la aplicación web

Historia de Usuario	
<b>Numero:1</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Registro de usuarios de la aplicación web	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración Asignada:</b> 1
<p><b>Descripción:</b></p> <p>El administrador del sistema registra a los usuarios, consignando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Nombres</li> <li>-Apellidos</li> <li>-Contraseña</li> <li>-N° de Identidad</li> <li>-Teléfono</li> <li>-Email</li> <li>-Rol [Administrador, Supervisor]</li> </ul>	
<p><b>Observaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El registro de un usuario solo lo puede hacer el Administrador</li> <li>- Rol debe tener opciones para seleccionar [Administrador, Supervisor]</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 — H.U. Registro de sensores

Historia de Usuario	
<b>Numero:2</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Registro de sensores	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración Asignada:</b> 3
<p><b>Descripción:</b></p> <p>El administrador del sistema registra los sensores que monitorean los polines, consignando la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Numero</li> <li>-Identificador</li> <li>-Nombre</li> <li>-Ubicación</li> <li>-Estado</li> <li>-Acciones</li> </ul>	
<p><b>Observaciones:</b></p> <p>El registro de sensores solo lo puede hacer el Administrador y debe tener las operaciones básicas de CRUD.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12— H.U. Registro de rol de usuario

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Numero:3</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Registro de rol de usuario	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración Asignada:</b> 3
<b>Descripción:</b> El administrador del sistema registra los roles de los usuarios, consignando la siguiente información: -Numero -Identificador -Nombre -Ubicación -Estado -Acciones	
<b>Observaciones:</b> El registro de sensores solo lo puede hacer el Administrador y debe tener las operaciones básicas de CRUD.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 — H.U. Registro de temperaturas leídas por los sensores

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Numero:4</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Registro de temperaturas leídas por los sensores	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 21	<b>Iteración Asignada:</b> 1
<b>Descripción:</b> El sistema registra las temperaturas leídas por los sensores, consignando la siguiente información: -Número -Sensor -Fecha de Lectura -Temperatura del Polín -Condición -Acciones	
<b>Observaciones:</b> El registro de las temperaturas se hace de manera automática.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 — H.U. Registrar las alertas de temperaturas que salen del límite establecido

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Numero:5</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Registrar alertas de temperaturas que salen del margen establecido	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 8	<b>Iteración Asignada:</b> 2
<b>Descripción:</b> El sistema registra las alertas de temperaturas que pasan del límite establecido; es decir, por encima de un valor predeterminado, por ejemplo, más de 40°C, consignando la siguiente información:	

<p>-Numero</p> <p>-Sensor</p> <p>-Fecha de Lectura</p> <p>-Temperatura del Polín</p> <p>-Condición [Evelada, Muy Elevada]</p> <p>-Acciones { ver detalle del registro de alerta }</p>
<p><b>Observaciones:</b></p> <p>-En acciones, debe tener opciones para seleccionar [Evelada, Muy Elevada]</p> <p>-En acciones, debe abrir una ventana que muestre el detalle completo de las lecturas y además la información de la foto de la cámara termográfica y la foto actual.</p>

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 15 — H.U. Reporte de temperaturas registradas

Historia de Usuario	
<b>Numero:6</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Reporte de temperaturas registradas	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 13	<b>Iteración Asignada:</b> 2
<p><b>Descripción:</b></p> <p>El sistema permite ver un reporte de las temperaturas registradas, tiene la opción de seleccionar un rango de fechas y descargarlo en formato PDF.</p>	
<p><b>Observaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El rango de fechas debe seleccionarse de un calendario</li> </ul>	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 16 — H.U. Configuración de datos

Historia de Usuario	
<b>Numero:6</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Configuración de datos	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración Asignada:</b> 3
<p><b>Descripción:</b></p> <p>El sistema permite configurar y registrar datos que se usan a nivel global, estas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Institución</li> <li>-RUC</li> <li>-Área que Financia</li> <li>-Investigador Principal</li> <li>-DNI del representante</li> <li>-Teléfono del representante</li> <li>-Dirección del representante</li> <li>-Página web de la Aplicación</li> </ul>	



-Email del representante -Temperatura máxima de alerta
<b>Observaciones:</b> - La temperatura máxima debe ser configurable, es decir, que debe tener la opción de cambiar de forma dinámica.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 — H.U. Mostrar imagen o video instantaneo

Historia de Usuario	
<b>Numero:8</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Mostrar imagen o video instantáneo	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Media	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Media
<b>Puntos estimados:</b> 8	<b>Iteración Asignada:</b> 2
<b>Descripción:</b> Esta funcionalidad permite mostrar el video o foto de la cámara instalada en un polín. La petición se realizará desde un dispositivo móvil o desde una laptop, de tal forma que el usuario pueda visualizar en su pantalla la imagen o video.	
<b>Observaciones:</b> - La petición debe hacerse desde la red social Telegram mediante Bot y API proporcionada.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 — H.U. Mostrar mapa de calor

Historia de Usuario	
<b>Numero:9</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Mostrar mapa de calor	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 13	<b>Iteración Asignada:</b> 2
<b>Descripción:</b> Esta funcionalidad permite mostrar el mapa de calor de la cámara termográfica instalada en un polín. La petición se realizará desde un dispositivo móvil o desde una laptop, de tal forma que el usuario pueda visualizar en su pantalla el mapa de calor.	
<b>Observaciones:</b> - La petición debe hacerse desde la red social Telegram mediante Bot y API proporcionada.	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 19 — H.U. Mostrar temperatura actual

Historia de Usuario	
<b>Numero:10</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Mostrar temperatura actual	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 13	<b>Iteración Asignada:</b> 1
<b>Descripción:</b> Esta funcionalidad permite mostrar la temperatura actual del sensor instalada en un polín. La petición se realizará desde un dispositivo móvil o desde una laptop, de tal forma que el usuario pueda visualizar en su pantalla el mapa de calor.	
<b>Observaciones:</b> - La petición debe hacerse desde la red social Telegram mediante Bot y API proporcionada.	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 20 — H.U. Guardar temporalmente las temperaturas en un archivo \*.CSV

Historia de Usuario	
<b>Numero:11</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Guardar temperaturas en archivo *.CSV	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Media	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Media
<b>Puntos estimados:</b> 5	<b>Iteración Asignada:</b> 2
<b>Descripción:</b> En caso que no exista conectividad a la WWW, por razones de falta de señal, entonces los datos deben ser almacenados temporalmente en un archivo *.CSV en Raspberry Pi, luego, cuando la señal o conectividad a internet vuelva, entonces deberán ser actualizadas al servidor de la nube.	
<b>Observaciones:</b> - En caso que los datos ya hayan sido actualizados en el servidor de base de datos de la nube, entonces el archivo *.CSV debe ser limpiada.	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 21 — H.U. Usar Mysql para almacenar los datos

Historia de Usuario	
<b>Numero:12</b>	<b>Usuario:</b> Cliente
<b>Nombre de la Historia:</b> Usar Mysql para almacenar los datos	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Media	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración Asignada:</b> 1
<b>Descripción:</b> La base de datos debe ser Mysql 5.X de libre uso, porque el servidor de base de datos en la nube es tiene dicha versión instalada.	
<b>Observaciones:</b>	

Fuente: *Elaboración propia*



### 5.1.6.4 Interfaces de usuario del sistema

Las figuras 27 al 34 muestran las interfaces de usuario más importantes del sistema.

Figura 27 — Registrar usuario

N°	Identificador	Nombre	Ubicación	Estado	Acciones
1	S01	POLIN N° 01	KM 01 - FAJA TRANSPORTADORA	ACTIVO	[Iconos de edición y eliminación]

Figura 28 — Lista de sensores

N°	Sensor	Fecha de Lectura	Temperatura Ambiente	Temperatura del Polin	Condicion	Acciones
31	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 11:10:10	24.93 °C	21.33 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
32	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 11:00:09	25.01 °C	21.33 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
33	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:50:10	24.91 °C	21.29 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
34	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:40:09	24.93 °C	21.29 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
35	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:30:10	24.91 °C	21.27 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
36	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:20:09	24.83 °C	21.27 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
37	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:10:10	24.87 °C	21.27 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
38	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 10:00:09	24.87 °C	21.27 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
39	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 09:50:10	24.73 °C	21.17 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]
40	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 09:40:10	24.73 °C	21.37 °C	NORMAL	[Icono de búsqueda]

Figura 29 — Lista de temperaturas

The screenshot shows a web interface with a dark sidebar on the left containing menu items: Usuarios, Sensores, Lecturas, Alertas, Reportes, and Configuración. The main content area is titled "LISTA DE TEMPERATURAS REGISTRADAS POR LOS SENSORES". It features a search bar for "Seleccione una fecha" and a dropdown for "Seleccione sensor". Below is a table with 10 rows of data. Each row includes a number, sensor ID, date and time, ambient temperature, pollen temperature, condition (e.g., "MUY ELEVADO" or "ELEVADO"), and an action button with a magnifying glass icon.

N°	Sensor	Fecha de Lectura	Temperatura Ambiente	Temperatura del Polin	Condicion	Acciones
1	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 16:10:09	28.17 °C	24.27 °C	MUY ELEVADO	[Icono]
2	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 16:00:15	27.95 °C	24.95 °C	MUY ELEVADO	[Icono]
3	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:50:10	27.07 °C	23.09 °C	ELEVADO	[Icono]
4	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:40:09	26.85 °C	22.63 °C	ELEVADO	[Icono]
5	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:30:11	26.93 °C	22.71 °C	ELEVADO	[Icono]
6	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:20:10	26.71 °C	22.69 °C	ELEVADO	[Icono]
7	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:10:10	26.73 °C	22.65 °C	ELEVADO	[Icono]
8	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 15:00:10	26.63 °C	22.51 °C	ELEVADO	[Icono]
9	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 14:50:15	26.55 °C	22.51 °C	ELEVADO	[Icono]
10	POLIN N° 01 - S01	2023-03-12 14:40:10	26.35 °C	22.41 °C	ELEVADO	[Icono]

Figura 30 — Alertas del sistema

The screenshot shows a web interface for generating reports. The sidebar is the same as in Figure 30. The main content area is titled "DESCARGAR LECTURAS REGISTRADAS POR LOS SENSORES". It contains a dropdown menu for "Seleccione Sensor" set to "TODOS LOS SENSORES", and two input fields for "Fecha Inicio" and "Fecha Fin". There are buttons for "← REGRESAR" and "DESCARGAR REPORTE".

Figura 31 — Reporte de las lecturas de temperatura

The screenshot shows a web interface for system configuration. The sidebar is the same as in Figure 30. The main content area is titled "DATOS DE CONFIGURACION". It contains several form fields for configuration data:
 

- Institución:** UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
- RUC:** 20527056579
- Area que Financia:** VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
- Investigador Principal:** JAIME GUEVARA RIOS
- DNI del representante:** 12345678
- Telefono del representante:** 982930241
- Direccion del representante:** AV. GARCILAZO DE LA VEGA SIN TAMBURCO - ABANCAY - APURIMAC
- Pagina web de la Aplicacion:** polines.appweb.pe
- Email del representante:** polines@appweb.pe
- Temperatura maxima de alerta:** 35.00 °C
- Temperatura minima de alerta:** 30.00 °C

 There are buttons for "← REGRESAR" and "GUARDAR".

Figura 32 — Configuración del sistema



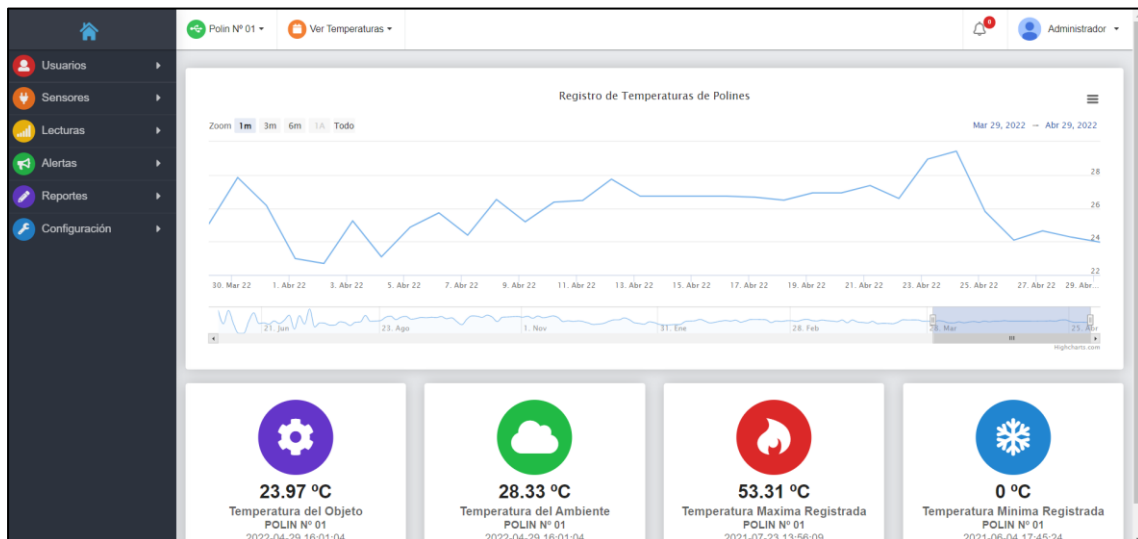


Figura 33 — Panel de control de las temperaturas

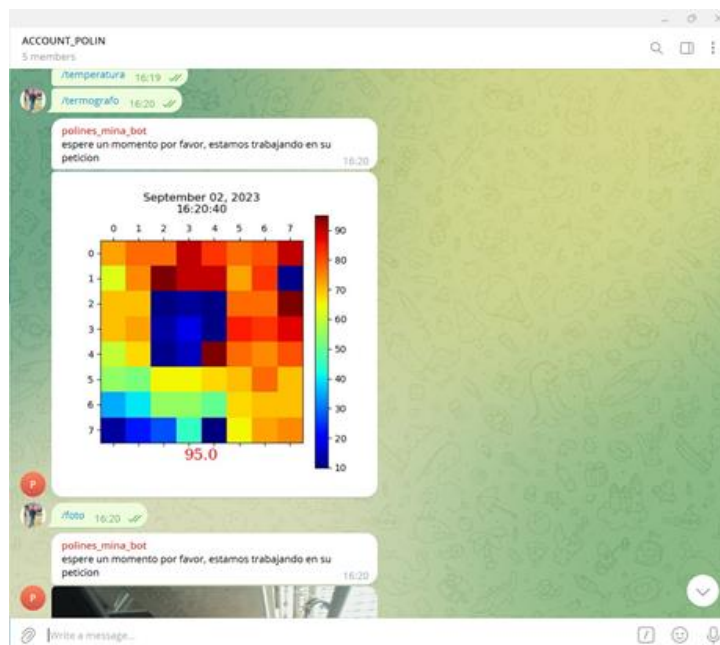


Figura 34 — Solicitud de el mapa de calor desde Telegram

### 5.1.6.5 Pruebas del sistema

#### Lugar de las pruebas

Las pruebas se realizaron en la faja transportadora conocido como transporte continuo del proyecto minero las BAMBAS, cuyo propietario es la empresa Minerals and Metals Group – MMG Limited, con acceso a la Minera las Bambas por diferentes lugares; Lima-Cusco-Cotabambas; Lima-Arequipa-Santotomas-Haquira-Challhuahuacho. Dicho proyecto está ubicado en la provincia de Cotabambas entre las comunidades Fuerabamba, Huancuire y otros de la provincia de Apurímac- Perú. La instalación de la faja transportadora como referencia con coordenadas UTM (WGS-84) 788467 E, 8 440188 N y la figura 35 muestra su ubicación en Google Maps.



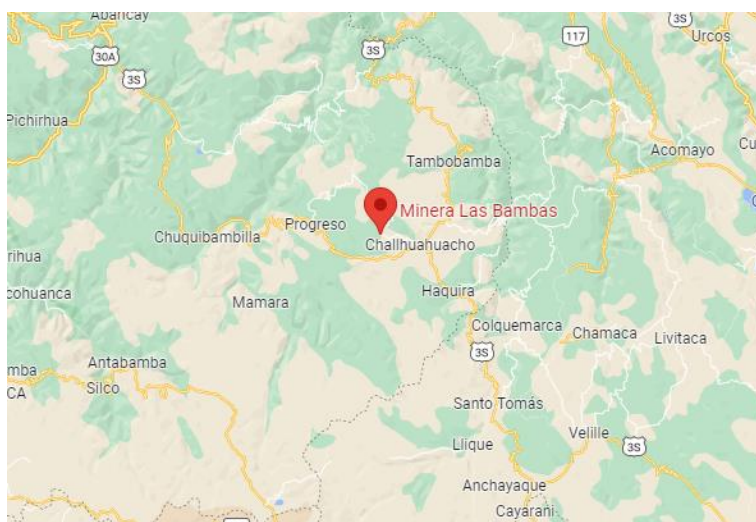


Figura 35 — Ubicación geográfica del lugar de las pruebas

Se hicieron pruebas reales en campo, la tabla 22 muestra los periodos de prueba:

Tabla 22 — Periodos de prueba

Prueba	Periodo de prueba	Observaciones
1	octubre/2023	Se ha procedido con la instalacion de la camara termografica funcionando de una manera regular por tamas de internet, dejó de transmitir los datos al servidor en la nube.
2	noviembre/2023	Se instaló la camara termografica en el polín, y al acabarse el saldo del plan de datos del modem, dejó de transmitir los datos al servidor en la nube.
3	diciembre/2023	Los gráficos estadísticos mostrados en el panel de control, si mostraban datos del pasado.
4	diciembre/2023	Funcionó adecuadamente

### Pruebas Alfa

Se hicieron pruebas alfa dentro del equipo de investigación, esto se realizó con conectividad a internet mediante fibra óptica de movistar domiciliario y una conexión Wifi al dispositivo creado, esto se realizó durante varios meses (9 meses aprox.) para detectar y mejorar algunos errores del sistema.

### Pruebas Beta

Se hicieron pruebas beta con un cliente real y esto se llevó a cabo en una faja transportadora de materiales de la minera MMG Las Bambas, para esto se usó una conectividad a internet mediante un modem + chip de la empresa Claro (número celular de chip 991984115); esto debido a que en el lugar de las pruebas es un campo en donde no existe conectividad a internet domiciliario.

## 5.2 Contratación de hipótesis (no corresponde)

### 5.3 Discusión de resultados

En el mercado existen dispositivos costosos para detectar el calentamiento de un polín basado en cámaras termográficas, y el procedimiento es realizar la detección del calentamiento en paradas planificadas. Dentro de la literatura, no se ha podido encontrar dispositivos de bajo costo basado en Arduino, y tampoco se ha podido encontrar la satisfacción del usuario respecto a ese dispositivo; sin embargo, existen trabajos de investigación que tratan de detectar fallas en la faja transportadora y en los polines, y por eso la discusión se realizó en función a la detección de fallas.

El trabajo desarrollado por Ortega Ñahuin, Deycy Gady (2017), titulada “Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas S.A.” hace mención el problema que existe en la minera Las Bambas en el área de proceso de transporte de material como es: el chancado primario, faja transportadora y almacenamiento o pila de acopio. El objetivo del trabajo fue determinar fallas funcionales en zonas críticas, que pueden ocasionar paradas no programadas o repentinas, la consecuencia negativa de este problema es la reducción en la producción diaria del mineral generando pérdidas económicas en la empresa minería. Después de evaluar el estudio de criticidad a los 20 equipos mecánicos del proceso de transporte de mineral grueso, se obtuvo como resultado, las zonas más críticas y son la Faja de sacrificio CVB001, Faja overland CVB003 y Faja overland CVB004 con un índice de criticidad de 32.2. La propuesta de la cámara termográfica de bajo costo, también es detectar fallos en una faja transportadora, por lo que ambas propuestas están alineadas, con la diferencia que esta propuesta puede enviar notificaciones de la temperatura actual de los polines en tiempo real.

De manera similar, la cámara termográfica de bajo costo también está alineado con el trabajo realizado por Radosław Zimroz y Krol Robert (2009), titulado “Análisis de fallos de sistemas de transportador de correa para fines de monitoreo de condiciones” investigan puntos claves de los equipos que presentan complicaciones, y se centra la estimación de la escala de un problema: fallas frecuentes, tipos y la ubicación de las fallas y su importancia en el contexto del mantenimiento de un sistema de transporte de cinta transportadora. En conclusión, se observa que algunas fallas son el resultado de fallas primarias, esto se da por los daños de las fajas debido al calentamiento de polines, grietas en el eje en cajas de engranajes, polines, acoplamientos, son el resultado de una sobrecarga debido a la mayor resistencia al giro de los rodillos y polines; los mantenimientos de estas fallas son costosas y demoran en su reparación.



## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se concluye que, se construyó una cámara termográfica de bajo costo que permite realizar el monitoreo del funcionamiento de un polín en una faja transportadora. El monitoreo se puede hacer mediante una consulta desde un dispositivo móvil mediante el BOT y la API de Telegram o desde una página web en la cual se tiene la evolución de la temperatura por hora, día, semana, mes y año.

Se concluye que, el presente trabajo de investigación se logró disminuir el costo de fabricación de una cámara termográfica para realizar el monitoreo del funcionamiento de un polín en una faja transportadora, reduciendo a un 41,86% del costo de una cámara termográfica profesional en el mercado.

Se concluye que, en el presente trabajo de investigación, finalmente, después de aplicar el cuestionario PUEU, se pudo verificar que el 93% de las personas están satisfechas con la utilidad del sistema para detectar el sobrecalentamiento de un polín en una faja transportadora; y el 95% está de acuerdo en que el sistema es fácil de usar.

### 6.2 Recomendaciones

Se recomienda a las empresas mineras, de producción de agregados y otros similares para que puedan tomar este prototipo para mejorar el monitoreo de la temperatura en los polines de las fajas transportadoras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMENDOLA, L., [sin fecha]. Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de proceso. [en línea]. S.l.: s.n., Disponible en:  
[http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos\\_gestión\\_mantenimiento\\_archivos/paradas\\_planta\\_luis\\_amendola.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos_gestión_mantenimiento_archivos/paradas_planta_luis_amendola.pdf).
- BAMBAS, L., [sin fecha]. Revista, Las Bambas. [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2019].  
 Disponible en: <http://www.lasbambas.com/las-bambas-libro/mineria-de-altura>.
- CRESPO, J.E., 2015. Arduino. .
- DAVIS, F.D., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 319-339. ISSN 02767783. DOI 10.2307/249008.
- ENGINEERING, M., 2022. Martin Engineering Company. [en línea]. [Consulta: 30 enero 2022].  
 Disponible en: <https://www.martin-eng.com/>.
- GONZÁLEZ DÍAS, M. y LOBOS GONZÁLEZ, G., 2018. *Estudio y diseño de cinta transportadora automatizada* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/42506/3560901544240UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GROUP, A., 2022. Catálogo General de Rodillos y Bastidores. [en línea]. [Consulta: 30 enero 2022]. Disponible en:  
[https://issuu.com/armandoromerom.guasp/docs/catalogo\\_general\\_ditec\\_automation\\_1/1](https://issuu.com/armandoromerom.guasp/docs/catalogo_general_ditec_automation_1/1).
- GURJAR, R.S., 2012. Failure analysis of belt conveyor system. *Int J Eng Soc Sci*, vol. 2, pp. 11-23.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2006. *Metodología de la investigación*. 4ta Edició. S.l.: McGraw-Hill Interamericana.
- HUAMANÍ CAYLLAHUA, M. y HUAMANÍ PÉREZ, F., 2017. *Optimización de la fragmentación en zonas de minera con la aplicación de explosivos de alta energía, para reducción de costos, en el proceso de chancado y molienda en el tajo Ferrobamba* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/747>.
- HUISA CCORI, C., TEJADA BEDOYA, G. y SARMIENTO MEJIA, Z., 2006. Transporte de mineral por medio de fajas transportadoras en una mina a tajo abierto. *Ciencia & Desarrollo*, no. 10, pp. 81-84.
- LAS BAMBAS, M., 2016. Las Bambas Perú. [en línea]. [Consulta: 10 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.lasbambas.com/las-bambas-libro/presentacion>.
- MEJIA, J.B. y VARONA, R.L., 2014. Calibración de Cámara Termográfica Fluke TI-32. *Scientia et Technica*, vol. 19, no. 1, pp. 59-66.
- MINERA, I. de S., 2014. Riesgos en la cinta transportadora de materiales a granel. [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2019]. Disponible en:  
<http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/riesgos-en-la-cinta-transportadora-de-materiales-granel/>.
- ORTEGA ÑAHUIN, G.D., 2017. *Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas SA*. S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- PLASENCIA ARMAS, H.F., GUILLERMO, M. y JULIO, J., 2015. Incidencia del sector minero en el crecimiento económico del Perú 1990--2014. ,
- PRESSMAN, R., 2019. *Ingeniería de software un enfoque práctico*. decima Edi. S.l.: Mc Graw Hill. ISBN 84-481-3214-9.
- QUIJANDRIA SALMON, J., 2001. Reglamento de fiscalización de actividades mineras. [en línea]. [Consulta: 13 octubre 2019]. Disponible en:  
[https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/94/PLAN\\_94\\_DS\\_Nº\\_049-2001-EM\\_2008.pdf](https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/94/PLAN_94_DS_Nº_049-2001-EM_2008.pdf).
- RADOSŁAW, Z. y KRÓL, R., 2009. Failure analysis of belt conveyor systems for condition



- monitoring purposes. *Mining Science*, vol. 128, no. 36, pp. 255.
- ROJAS CARDONA, O., VACA LOZANO, J.Z. y VACA LOZANO, Y.A., 2017. *Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernadero hidropónico*. S.l.: Universidad Nacional Abierta y Distancia de Colombia.
- ROJAS LLANLLAYA, T.D., 2014. *Elaboración, desarrollo e implementación de un programa de mantenimiento basado en ensayos no destructivos para equipos auxiliares en la empresa minera Las Bambas* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2926/MTrolltd010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ROJAS VALDÉS, F.A., 2018. *Plan de mantenimiento preventivo para cintas transportadoras en cemento Bío Bío* [en línea]. S.l.: Univerisdad Tecnica Santa Maria. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/42491>.
- RUENGITTINUN, S., PHONGSAMSUAN, S. y SUREERATANAKORN, P., 2017. Applied internet of thing for smart hydroponic farming ecosystem (HFE). *2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media)*. S.l.: s.n., pp. 1-4.
- RUSSELL, S. y NORVIG, P., 2004. *Inteligencia Artificial un enfoque moderno*. S.l.: s.n.
- SILVA SANHUEZA, S.E., 2017. *Plan de mantenimiento para correa transportadora critica en planta de chancado en minera andina*. S.l.: Univeridad de Santa Maria , Chile.
- STHIOUL ORTIZ, A.E., 2015. Aportes de la minería a Chile y Peru: Interacción con la sociedad. ,



## ANEXOS



## Anexo 1 — Código de Arduino

### Envío de foto térmica al servidor y telegram (sensor AMG8833 Arduino)

Necesitaremos, que la placa Arduino esté conectado correctamente y cargado el código, funcionando, también necesitaremos tener nuestro token de nuestro Bot TELEGRAM que creamos.

Crearemos un archivo Python (sudo nano termicai.py) en este archivo ira el siguiente script, Ahora veamos el código:

```
import telebot
import time
import MySQLdb
import serial
import requests
import socket
from time import sleep
import picamera
from subprocess import call
import random
from os import remove
from ftplib import FTP
import os
from datetime import date
from datetime import datetime
import serial
from numpy import *
import matplotlib.pyplot as plt
from pylab import *
from ftplib import FTP
import os
from datetime import datetime
import random

#aqui crearemos un script de condiciones de si o no hay internet para enviar las foto termica al servidor , si en caso no
ubiera se tomara la foto y se cargara a una carpeta a la espera
#de conexion a internet
global now

now = datetime.now()

#habrimos nuestro bot
    #bot = telebot.TeleBot("2144733880:AAHzAlgDJ4Vhx0dF03goBcpApbrHwn2EVs4")
from TokenTelegram import *

bot = telebot.TeleBot(tokenAlerta)

#chat_id="1051367732"
#chat_id=str(-426938410)
```

```
conn = socket.socket(socket.AF_INET,socket.SOCK_STREAM)
#intenta conectarse a una url con el socket creado
try:
# si existe conexion a internet se ejecutara lo siguiente
    conn.connect(('www.raspberrypi.org', 80))

# os.system('python /home/pi/termica/foto-termica.py')
#estas varibls son extraidas desde tokentelegram.py para mayo manejo
    servidor="ftp.soft.pe"
    user="polines@polines.soft.pe"
    passw="innova_polines"
# servidor=servidor
# user=user
# passw=passw
# from TokenTelegram import *
os.system('python /home/pi/termica/foto-termica.py')

# donde queremos subir el fichero
ftp_raiz = '/public/img/fotos_termica/'
# fichero_origen='/home/pi/termica/imagen.jpg'
fichero_origen='/home/pi/termica/termica.png'
nom = (str(now)+''.png')
fichero_termica=('_'.join(nom.split()))

try:

photo = open('/home/pi/termica/termica.png', 'rb')
    bot.send_photo(chat_id, photo)

s=FTP(servidor)
s.login(user, passw)

try:
    f = open(fichero_origen, 'rb')
    s.cwd(ftp_raiz)
    s.storbinary('STOR ' + fichero_termica, f)
    f.close()
    s.quit()
    print "enviada la foto termica al hosting "
except:
    print "no se envio la foto al hosting "
except :

    bot.send_message(chat_id, "Fallo al arrancar la camara termica, prueba mas tarde por favor")
    conn.close()

except:
#si no hay internet ejecutara lo siguiente
```



```
import serial
from numpy import *
import matplotlib.pyplot as plt
from pylab import *
import numpy as np
from datetime import date
from datetime import datetime

# now = datetime.now()
nom = (str(now)+'.png')
fichero_termica=('_' + join(nom.split()))

today = date.today()

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0',9600)
#ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0')
read = 0
element = 0
counter = 0

w, h = 8, 8;
Matrix = [[0 for x in range(w)] for y in range(h)]

x = 0;
y = 0;

# os.system('python /home/pi/termica/foto-termica2.py')
#now = datetime.now()
while True:
    while True:
        char = ser.read()

        if read==1:
            if char==" ":
                Matrix[x][y]=element
                x=x+1
                element = 0
                counter = 0
                ser.read()
            elif ord(char)==13:
                y=y+1
                x=0
                element = 0
                counter = 0
                ser.read()
            elif char == "]" :
                read=0
```



```
#         print Matrix
#         #print "Done"
#         x=0
#         y=0
#         break
elif char!=".":

#         print element
#         element = element + int(char)*pow(10, 1-counter)
#         counter = counter+1

#         print counter
if char == "[":
    read=1

matriz = np.array( Matrix)
plt.figure()
conf_arr = np.array(Matrix)
plt.matshow(conf_arr,cmap = plt.get_cmap('jet'),interpolation='nearest')
plt.colorbar()
plt.title(today.strftime("%B %d, %Y" +'\n' + time.strftime("%X") +'\n' ))
plt.xlabel(matriz[4:].max(), family='serif', color='r', weight='normal',size = 16,labelpad = 6)
plt.savefig('/home/pi/termica/fotos/'+fichero_termica, format='png')
plt.show()
print "ejecutado camara termica de arduino puerto serial termicai"
break
sys.exit()
#conn.close()
```

sí ejecutamos este script creado (Python termicai.py) podremos observar en nuestro Telegram y servidor que se visualiza nuestra imagen capturada, si no tenemos conexión a internet, dicha imagen se almacenara en una carpeta **fotos** y si tenemos conexión a internet podremos visualizarlo en nuestro Telegram y servidor.

Recomendaciones;

- Se recomienda tener una cuenta ftp par a poder enviar las fotos
- Se recomienda saber la ruta donde se almacenará las fotos en la cuenta ftp
- Se recomienda Haber creado el Bot en telegram
- Re recomienda verificar si tenemos conexión a internet

Si no hay conexión a internet

En este caso, tendremos un script que al ejecutarlo nos ayudara a enviar estas fotos almacenadas (carpeta fotos) a nuestro servidor.

Mencionar que la carpeta fotos debe tener permisos de escritura y lectura (Chmod 644 fotos)

Crearemos un script en Python con el nombre DisparadorTermicaFTP (sudo nano DisparadorTermicaFTP.py)

```
import socket
```



```
import os
from TokenTelegram import * #importamos las variables de tokentelgram.py para mejor manejo

con = socket.socket(socket.AF_INET,socket.SOCK_STREAM)

    #intenta conectarse a una url con el socket creado
try:
    con.connect(('www.google.com', 80))

    ##importamos los modulos que vamos a utilizar
    #from ftplib import FT
    from ftplib import FTP
    #import remove
    #import ftputil
    import os
    from os import remove

    ##definimos las variables de trabajo

## basepath: la ruta de destino dentro del servidor ftp
#basepath = "/htdocs/python/"
    basepath = '/public/img/fotos_termica/'
#    basepath = '/public/img/fotos_camara/'
#base : ruta de origen en nuestro equipo local
    base = "/home/pi/termica/fotos/"
## relativa: ruta de salida al iniciar el recorrido
##por el arbol de directorios
    relativa = "./"

##datos de conexion al ftp
#importamos las variables de tokentelgram.py para mejor manejo
#
#    ftphost="ftp.soft.pe"
#    ftpuser="polines@polines.soft.pe"
#    ftppass="innova_polines"
# filtro: nos permite discriminar que tipos
#de ficheros queremos subir en cada momento,
#ahorraremos tiempo evitando hacer comprobaciones
#sobre ficheros que sabemos que no es necesario
#subir en este momento
    filtro=('.png')
##filtro=('image.php','imagen.php','logo.png')
## nos creamos una funcion para recorrer el
##arbol de directorios de forma recursiva
    def recorrer(base,relativa):
        global ftp
        global basepath
#obtenemos la lista de directorios y
#ficheros del directorio actual
        namesl = os.listdir(base+relativa)
```



```
## recorremos la lista de elementos
for namel in names!:
## si es un fichero
    if os.path.isfile(base+relativa+namel):
        if namel.lower().endswith(filtro):
## si la version local es mas nueva que la del servidor, lo subimos
        #if ftp.upload_if_newer(base+relativa+namel, basepath+relativa+namel,'b') == True:
            if ftp.storbinary('STOR ' + basepath+namel, open(base+namel, 'rb')):
## informamos de que un fichero se ha subido
                print "Actualizado:"+base+namel+" -> "+basepath+namel
                remove(base+namel)

## si es un directorio llamamos de nuevo
## si es un directorio llamamos de nuevo
##a la funcion para recorrerlo
##(bajamos un nivel, como en Origen)
    if os.path.isdir(base+relativa+namel):
        if namel!=".":
            if namel!="..":
                recorrer(base,relativa+namel+"/")
#Ahora ya lo tenemos todo definido, empieza la ejecucion del script.
##abrimos conexion ftp
#ftp = ftputil.FTPHost(ftphost, ftpuser, ftppass)
## nos situamos en el directorio remoto adecuado
    ftp = FTP(ftphost)
    ftp.login(ftpuser,ftppass)
## iniciamos recorrido por el arbol de directorios local,
##ejecutamos la funcion que definimos arriba.
    recorrer(base, relativa)

## cerramos la conexion
    ftp.close()
    print "se enviaron las fotos termicas ftp"
    con.close()

except:

    print "nose envio ningun foto de la termica al servidor "

#con.close()
```

Este script ayudará a enviar las fotos térmicas que se almacenaron en la carpeta fotos (recaltar que esta carpeta debe tener todos los permisos de escritura y lectura), ya que cuando no hay conexión a internet estos datos se perderían, para poder rescatar estos datos se almacena en una carpeta y con el script se recupera y se envía al servidor para cuando haya una conexión a internet.



## Anexo 2 — Instalación servidor web en Raspberry pi

### Manual de servidor web en Raspberry pi

La siguiente guía nos muestra como instalar en un Raspberry pi **Raspbian Stretch Lite**

#### Instalación de Raspbian Stretch Lite

Para poder instalar el sistema operativo **Raspbian Stretch Lite** en un **Raspberry pi**, primero tenemos que descargar la imagen del **SO** desde el siguiente [Link](#).

**Nota:** Descargar Raspbian Stretch Lite, esta es una versión sin un entorno de escritorio lo cual optimizará el servidor.

Luego descargar **Etcher** que software que nos permitirá quemar la imagen del sistema operativo en la tergeta **SD**, descargalo desde su [página web](#).

Para realizar la instalación del **SO** siga los siguientes pasos:

1. Inserte la tergeta **SD**.
2. Ejecute **Etcher**.
3. Seleccione la imagen del **SO**, seleccione la unidad **SD** y de click en **Flash!**. Una vez terminada la instalación retirar la tergeta **SD** y colocarlo al **Raspberry pi**.

#### Configuración de Raspbian Stretch Lite

Para realizar la configuración del **SO** necesitaremos los siguientes componentes:

1. **Cable HDMI**.
2. **Teclado USB**.

Conectamos el **Cable HDMI** al **Raspberry pi** junto con el **Teclado USB**, conectamos el **Raspberry pi** a una fuente eléctrica y dejamos que el **SO** inicie.

Una vez iniciado el **SO** nos pedirá que iniciemos sesión, el usuario por defecto con su contraseña será, usuario: **pi** y contraseña: **raspberry**

Una vez iniciado sesión actualicemos el **SO** y los paquetes para proseguir con la instalación, ejecute el siguiente comando.

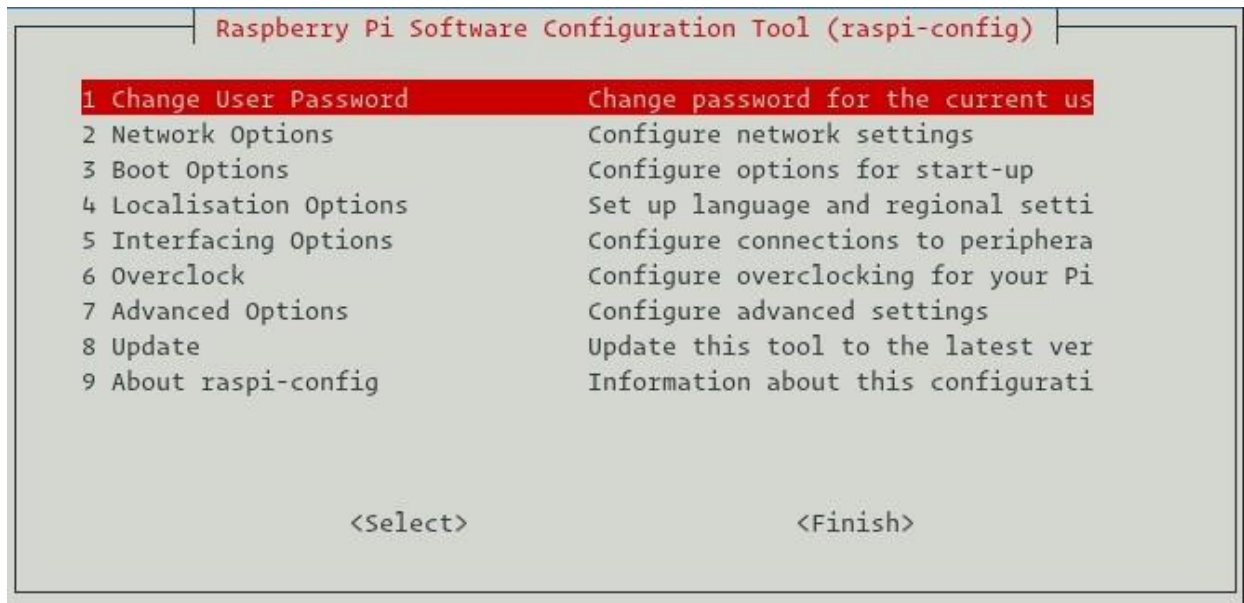
```
$ sudo apt update && sudo apt upgrade -y
```

Iniciar la configuración de **Región, Zona Horaria** y habilitar **Servidor SSH**, ejecute el siguiente comando el cual nos abrirá una ventana de configuración.

```
$ sudo raspi-config
```

Imagen de ventana de configuración.

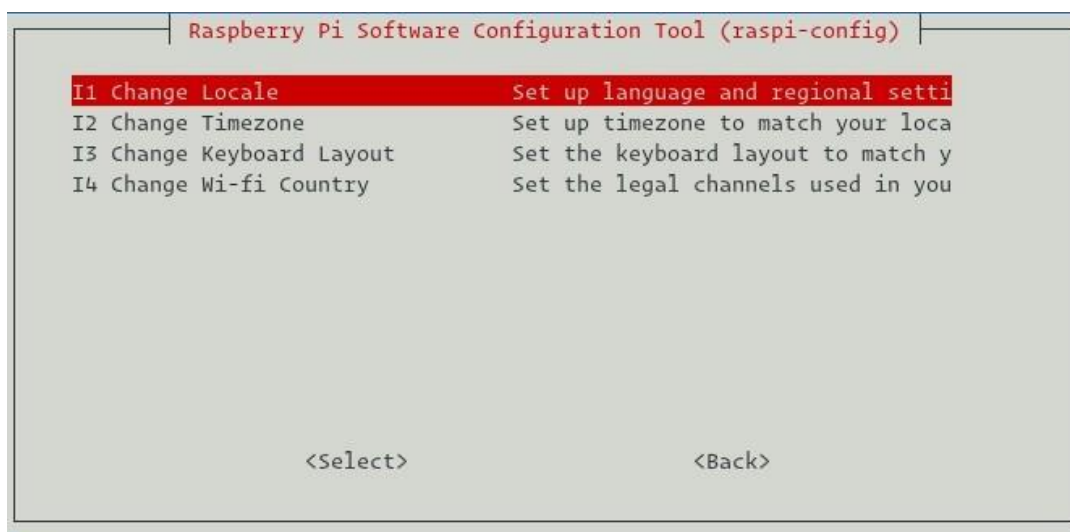




Con las teclas de **Flechas de Dirección** navegamos en la ventana, Con la tecla **Enter** seleccionamos, con la tecla **Esc** cancelamos y con la tecla **Tab** cambiamos de entrada.

## Configuración de Región y Zona Horaria

Seleccionamos la opción **Localisation Options** el cual nos abrirá la siguiente ventana.

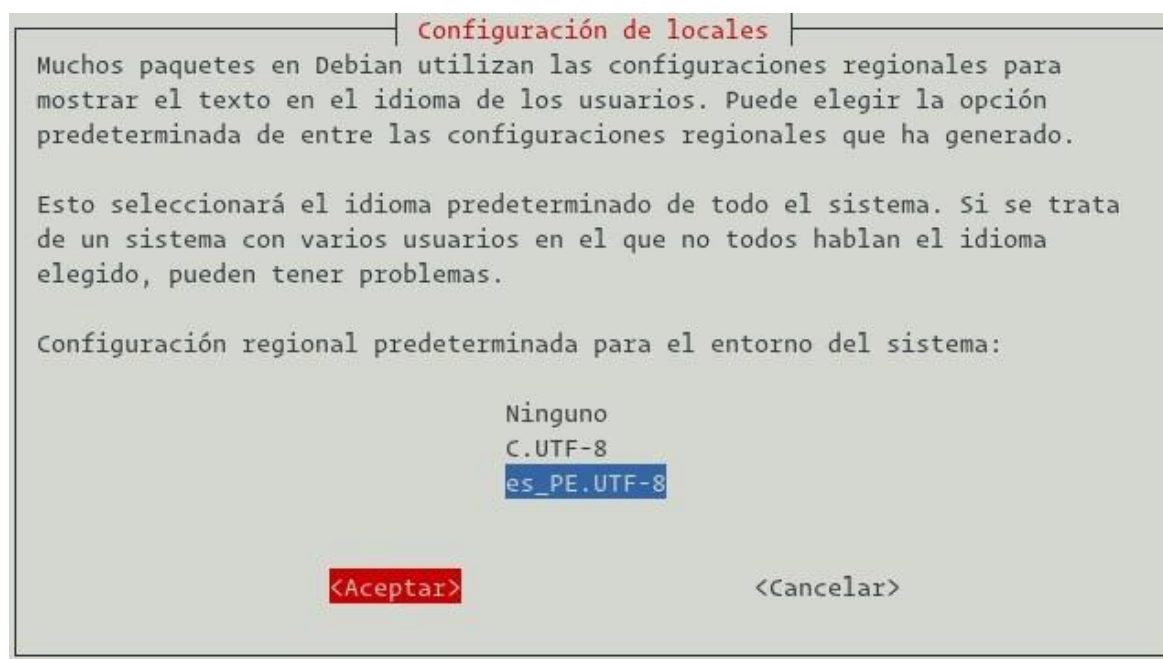


## Configuración de Región

Seleccionamos **Change Locale** en el cual deseleccionamos con la tecla **Espacio** y seleccionamos **es\_PE.UTF-8 UTF-8**, una vez seleccionado con la tecla **Tab** salimos de la selección y damos **Enter** en **Aceptar** como en la siguiente imagen.



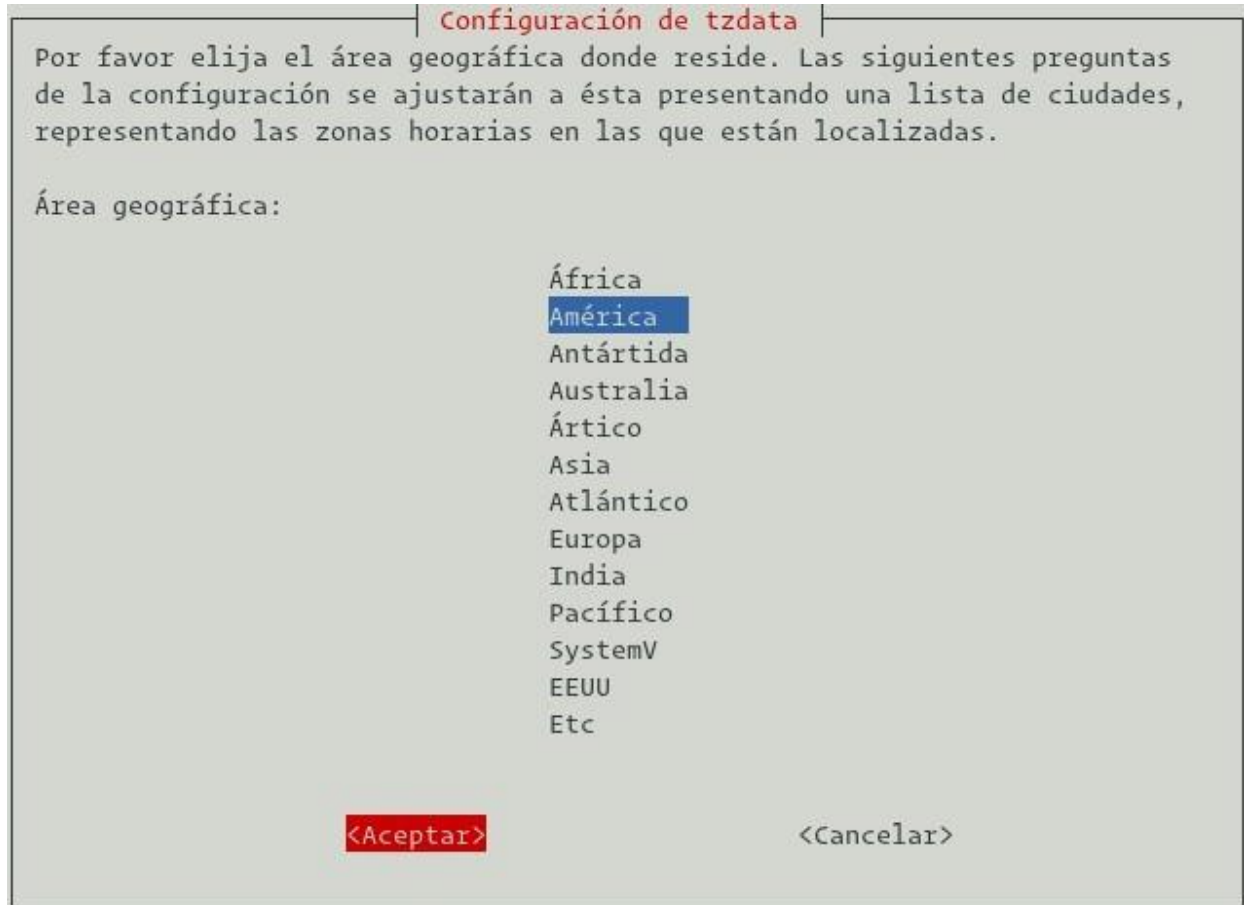
Luego seleccionamos **es\_PE.UTF-8** con las flechas y con **Tab** Seleccionamos **Aceptar** y damos **Enter**.



Con esta configuración tenemos el **Idioma** con el que nos iniciará sesión el **SO**.

### Configuración Zona Horaria

Seleccionamos **Change Timezone** en el cual seleccionamos **América** con tecla **Tab** de damos en **Aceptar** y **Enter** como en la siguiente imagen.



Luego buscamos **Lima** y damos **Enter**.

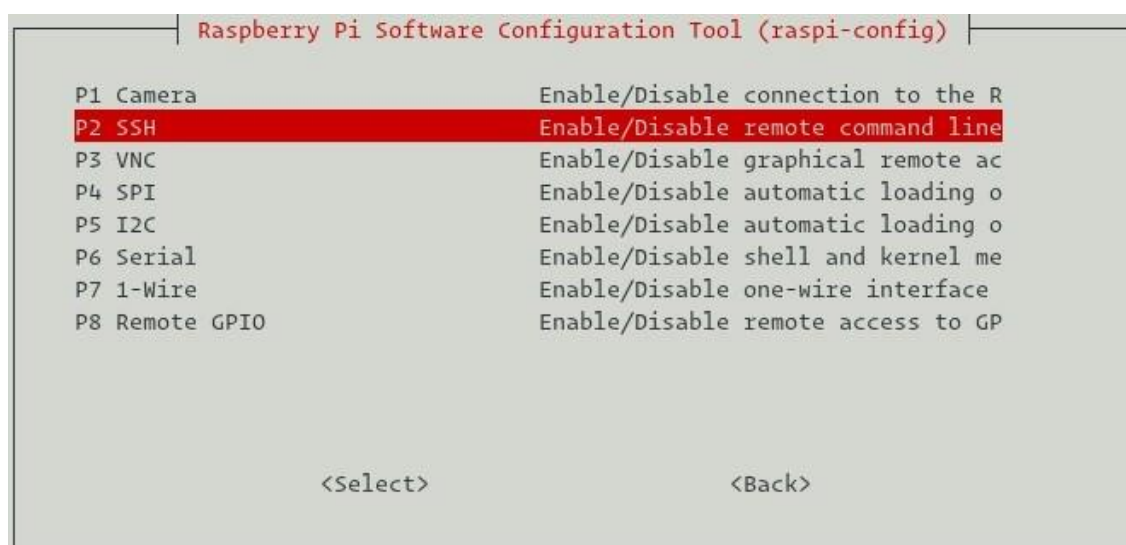




Con esta configuración ya tenemos nuestra **Zona Horaria** configurada.

## Configuración de Servidor SSH

Seleccionamos la opción **Interfacing Options** el cual nos abrirá la siguiente ventana.



Seleccionamos **SSH** nos abrirá un diálogo de que si queremos habilitar de damos que si, con esto ya tenemos el **Servidor SSH** habilitado.

## Configuración de Inteface eth0

Para configurar la **IP** a la que le asignaremos al **Raspberry pi**, tenemos que editar el archivo

`/etc/dhcpd.` lo editaremos con **nano** editor de textos por consola.

```
$ sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

Agregar en la última línea lo siguiente, luego guardar y reiniciar la máquina.

```
# eth0 config
interface eth0
static
ip_address=192.168.1.2/24
static routers=192.168.1.1
static domain_name_servers=8.8.8.8 8.8.4.4
```

Podemos iniciar sesión remotamente y así poder copiar y pegar los comandos de instalación.

## Instalación de Servidor Apache

Para instalar el **Servidor Apache** tenemos que ejecutar el siguiente comando.

Después de la instalación damos permisos al siguiente directorio.

```
$ sudo chown -R pi:www-data /var/www/html
$ sudo chmod -R 770 /var/www/html
```

Con esto ya tenemos el **Servidor Apache** instalado.

## Instalación de PHP

Para instalar el **PHP** tenemos que ejecutar el siguiente comando.



```
$ sudo apt install php php-mbstring php-xml php-mcrypt php-zip \  
php-json php-intl php-gd php-curl php-ldap php-apcu php-opcache -y
```

configurar php editar el archivo `php.ini` .

```
$ sudo nano /etc/php/7.0/apache2/php.ini
```

Buscar las siguientes configuraciones y si no están habilitadas descomentar y habilitar las siguientes.

```
# Configuración [Date]  
date.timezone = 'America/Lima'  
  
# Configuración [Session]  
session.cookie_httponly = 1
```

Guardar y salir, con esto esta configurado nuestro **php**.

## Instalación de Mysql Server ó Mariadb

Para instalar el **Mysql server** ó **Mariadb** tenemos que ejecutar el siguiente con **nano**.

Resetemos el superusuario de **Mysql**, primero hay que iniciar sesión por consola.

```
$ sudo mysql --user=root
```

Ejecutar las siguientes consultas **SQL**, si desea puede cambiar la contraseña del superusuario.

```
DROP USER 'root'@'localhost';  
CREATE USER 'root'@'localhost' IDENTIFIED BY  
'root'; GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO  
'root'@'localhost';
```



Con esto ya tenemos todo configurado **PHP**, **Mysql server** y **Apache**

**Nota:** **usuario:** root y **password:** root

Configurar **Mysql** para mejorar el rendimiento, editar el archivo

```
/etc/mysql/mariadb.conf.d/50-server
```

```
sudo nano /etc/mysql/mariadb.conf.d/50-server.cnf
```

Agregar las siguientes configuraciones si existen modificarlas.

```
# En [mysqld] agregar y modificar lo siguiente
skip-external-
locking skip-
name-resolve

#
# * Fine Tuning
#
key_buffer_size          =
32M thread_stack
= 192K
innodb_buffer_pool_instances =
1 max_connections
= 15 table_cache
= 64 thread_concurrency
= 4

#
# * Query Cache Configuration
#
query_cache_limit        =
1M query_cache_size
= 64M join_buffer_size
= 1M
```

Guardar la configuración, modificar según corresponda, utilizar **mysqltuner.pl** descargar archivo como sigue.

```
$ wget http://mysqltuner.pl/ -O mysqltuner.pl
$ chmod +x mysqltuner.pl
# Ejecutamos diagnóstico de Mysql
# Se recomienda que se ejecute luego de un día de uso
$ ./mysqltuner.pl
```

Después de ejecutar el archivo nos pedirá que modifiquemos ciertos parámetros para optimizar la base de datos **Mysql**, modificar según corresponda.



## Usuarios y Contraseñas según este Manual

---

### Raspbian

usuario	password
pi	raspberry

### Mysql

usuario	password
root	root



### Anexo 3 — Lista de participantes

Nro.	Nombre
1	Fermín Pichihua Rebolledo
2	Tania Rosa Ccoscco Mendoza
3	Carlos Zaa Huallpa
4	Ignacio Zegarra Aiquipa
5	Rogelio Mallco Torres
6	Jospeh Pedraza Leo
7	Carlos Huaraca Huaman
8	Cristhian Serrano Juro
9	Carlos Javier Alvarez Flores
10	Roger Rodas Rivera

