



Design and construction of a thermographic camera to determine the heat map of an idler in a conveyor belt

Diseño y construcción de una cámara termográfica para determinar el mapa de calor de un polín en una faja transportadora

Guevara-Ríos Jaime¹, Ibarra-Cabrera Manuel J.², Vargas-Ovalle Queen Dennis³, Huacac-Mendoza Keniluz Milagros⁴

<https://orcid.org/0000-0003-3401-3996>¹, <https://orcid.org/0000-0001-6711-4916>², <https://orcid.org/0000-0001-7167-3622>³ y <https://orcid.org/0009-0007-4914-8478>⁴

¹Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – jguevara@unamba.edu.pe

²Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – mibarra@unamba.edu.pe

³Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – 122379@unamba.edu.pe

⁴Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – 151369@unamba.edu.pe

(Recepción: 05/04/2023 - Aceptación 03/04/2023)

Abstract. This research work describes the design and construction of a thermographic camera to determine the heat map of an idler on a conveyor belt. The problem encountered was that due to the constant work carried out, the idler often gets hot and could damage the belt and even cause fires. The hardware was built into low-cost electronic devices such as a credit card-sized motherboard called the Raspberry Pi, an Arduino microcontroller, a proximity temperature sensor, and a heat map sensor. After applying the prototype in the conveyor belt of the ECONSAs construction aggregates production company, located in Pachachaca Abancay, it can be concluded that the created system is used to monitor the temperature of a pollen in a conveyor belt; Likewise, it was possible to show the heat map to visualize the heating of the idler.

Keywords: Arduino, Raspberry Pi, heat map, thermal imager, conveyor belt.

Resumen. Este artículo de investigación describe el diseño y construcción de una cámara termográfica para determinar el mapa de calor de un polín en una faja transportadora. El problema encontrado fue que el polín debido al trabajo constante realizado, muchas veces se calienta y podría llegar a dañar la faja e incluso producir incendios. El hardware fue construido a dispositivos electrónicos de bajo costo por ejemplo una placa madre del tamaño de una tarjeta de crédito llamada Raspberry Pi, un microcontrolador Arduino, un sensor de temperatura por proximidad y un sensor de mapa de calor. Luego de aplicar el prototipo en la faja transportadora de la planta de producción de agregados de construcción ECONSAs, ubicada en Pachachaca Abancay 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 mostrar el mapa de calor para visualizar el calentamiento del polín.

Palabras Clave: Arduino, Raspberry Pi, mapa de calor, cámara termográfica, faja transportadora.

1 Introducción

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 en Sudamérica [1], este rubro ha influenciado notablemente en el desarrollo de ambos países [2]. La mayoría de las empresas mineras, usan el sistema una faja transportadora basado en polines, para transportar minerales de un punto inicial a un punto final, también se usa la faja transportadora para transportar otro tipo de materiales como, piedra, hormigón, cemento, caña de azúcar y otros [3].



Un “polín” o rodamiento, es un elemento cilíndrico de metal en donde se apoya la banda transportadora, tienen como función principal soportar la carga transportada [4], y por tanto facilitar el movimiento continuo de la banda transportadora. 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 también genera que un mal funcionamiento en el sistema.

Generalmente, las empresas mineras tienen un plan[5] de mantenimiento programado, el cual contempla la verificación de los polines de una faja transportadora; también existe otro de tipo de mantenimiento que no estuvo planificado[6], a la que se le denomina mantenimiento no programado [7]; sin embargo, las empresas mineras no pueden parar más allá de lo programado, porque esto genera pérdidas económicas para la empresa.

Las empresas de minería no metálica requieren transportar de un lugar a otro piedras, arena, hormigón o minerales. En el caso de la minería metálica, existe una faja transportadora principal que lleva el mineral desde el chancado primario hasta la pila de acopio con una longitud aproximada de 5.2 km [8]. Inicialmente, esta faja está 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 [9]; esto implica que el personal deja de trabajar durante varias horas y genera grandes pérdidas económicas para la empresa. La Fig. 1, muestra un ejemplo de faja transportadora utilizando polines y utilizada en una empresa.

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. Cuando un polín se empieza recalentar y no se hace una parada para dar un mantenimiento, podría dañarse el polín e incluso podría ocasionar un incendio (Fig. 2).



Fig. 1. Faja transportadora basada en polines



Fig. 2. Incendio ocasionado por el posible calentamiento de un polín

El objetivo de este proyecto fue crear un prototipo funcional de una cámara termográfica que muestre el mapa de calor de un polín en una faja transportadora; y por otro lado, que el sistema permita mostrar al usuario final el estado actual del mapa de calor de un polín.

La introducción corresponde a la primera sección; la segunda sección muestra los trabajos relacionados referidos a uso de polines; la tercera sección explica las características principales del diseño y la implementación del sistema propuesto; la cuarta sección describe el método utilizado; la quinta sección presenta los resultados obtenidos respecto al funcionamiento y las pruebas realizadas; finalmente, la sexta sección presenta las conclusiones y el trabajo futuro de esta propuesta.

2 Trabajos Relacionados

Cisneros Montero [10] realizó un trabajo de investigación titulado “Segmentación de color en imágenes usando una cámara térmica”, el objetivo de este trabajo fue la reconstrucción de una imagen de calor en dos dimensiones, para lo cual usaron una cámara MLX90640 de Adafruit, con un rango de trabajo para temperaturas desde -40°C hasta 300°C . Para esto usaron un arreglo de sensores de temperatura de 24×32 y dan como resultado global un arreglo de 768 mediciones infrarrojas de temperatura. La programación lo hicieron usando el lenguaje de programación Python, y con la librería para procesar imágenes OpenCV, los resultados se muestran en una escala de grises, esta escala permite proceder con la segmentación de color, lo que da origen a una imagen segmentada en relación con los límites y contornos establecidos. Asimismo, se implementó una interfaz gráfica, que permite ingresar como dato de entrada una temperatura mínima y otra temperatura máxima y también es posible visualizar la referencia del color con la temperatura asociada.

De igual forma, Nava J. et al. [11] realizaron un trabajo de investigación “diseño de una estación de temperatura corporal para covid19”, el objetivo fue crear un dispositivo electrónico que permita hacer la medición de la temperatura corporal de las personas que ingresan a un espacio público, porque es una de las medidas de prevención implementadas por el gobierno de México, debido a la pandemia del COVID19 desde el 2020. El prototipo creado consiste en una estación con censado y registro automático de la temperatura corporal, y para esto utiliza un sensor de temperatura con mapa de calor AMG8833. Las pruebas realizadas con los usuarios muestran que el diseño de la estación fue exitoso; por otro lado, las pruebas muestran que los datos recolectados se almacenan correctamente en una base de datos en la nube. El costo de construcción del prototipo es de cincuenta dólares aproximadamente.

Por otro lado, Ortega Ñahuin, Deycy Gady [12] desarrolló una tesis en la Universidad Nacional Centro del Perú Huancaayo 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 existen 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. El objetivo principal de esta investigación fue determinar las fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en Minera Las Bambas S.A, y la metodología aplicada en la presente investigación fue Inductivo –Deductivo. 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. 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.

Asimismo, Radosław y Król [13], realizaron la publicación del titulada, “Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purposes” el contenido del artículo 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 como consecuencia 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, acoplamientos, sobrecarga debido a la mayor resistencia al giro de los rodillos y polines. El mantenimiento de estas fallas son costosas y demoran en su reparación.

3 Diseño e implementación de la cámara termográfica

3.1 Materiales utilizados

Para la implementación de la cámara termográfica se ha utilizado el sensor de cámara térmica AMG8833, tiene un arreglo de sensores térmicos IR distribuidos en una matriz de en 8 filas por 8 columnas, este a su vez se conecta a un microcontrolador Arduino Uno. El diseño de la carcasa se realizó usando el software “MakerBot Print”. La impresión en 3D se realizó usando la impresora 3D MakerBot 3D SKU MPO7825. La parte más importante del código que imprime la cámara térmica se muestra en la Fig. 3.

```
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()
```

Fig. 3. Código fuente de la ejecución del mapa de calor.

La impresora 3D tuvo que ser primeramente configurada y calibrada[14], para esto se instaló los controladores respectivos y el software que permite manejarlo. Luego se instalaron los filamentos (o resina) para que se pueda hacer la calibración [15] y fijar correctamente el punto de inicio para el eje X, Y y Z .

Una vez calibrado, el modelo diseñado previamente con el software se envía a imprimir, para lo cual la impresora 3D hace un calentamiento preliminar y luego inicia con la impresión, puede tardar una decena de minutos e incluso horas dependiendo del tamaño de la impresión y el diseño, la Fig. 4 muestra la impresión realizada. Luego de varias horas de impresión, finalmente sale el modelo 3D impreso, la Fig. 5 muestra la impresión de la carcasa y en cuyo interior ya están conectados lo dispositivos electrónicos, lo cual muestra el prototipo final.



Fig. 4. Diseño de la carcasa en plena impresión



Fig. 5. Prototipo final

4 Método

Es una investigación de tipo cuantitativo y el alcance es descriptivo. Las pruebas del prototipo desarrollado, se realizaron en la faja transportadora de la “Planta de producción de agregados de construcción ECONSA (arena fina, piedra chancada gruesa, piedra chancada delgada, entre otros materiales de construcción), cuyo propietario es el señor Valerio Quispe Aymituma, y la planta está ubicada en Pachachaca, Abancay, Apurímac, Perú.

4.1 Pasos a seguir para la construcción del prototipo

Se llevó a cabo los siguientes pasos: Diseñar el prototipo con la interconexión de los dispositivos, imprimir la carcasa protectora en 3D, programar el software que permita leer los datos del sensor AMG8833 y que lo envíe a una base de datos, realizar las pruebas del sistema entre los programadores, realizar las pruebas del sistema con el usuario final, poner en funcionamiento el sistema en un caso real, y finalmente realizar las correcciones necesarias.

4.2 Monitoreo de la temperatura con el sensor AMG8833

El procedimiento para el monitoreo de temperatura se realizó de la siguiente forma: El sensor de temperatura AMG8833 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, 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 Resultados

5.1 Resultados de la generación del mapa de calor

Para obtener el mapa de calor, mediante la red social Telegram, en dispositivo móvil o aplicación web, se invoca al comando “/termógrafo”, luego esta petición es solicitada al Bot de Telegram, luego el sistema solicita el estado actual de la temperatura mediante el sensor AMG8833, y despliega el mapa de calor hacia el cliente y luego le muestra en pantalla los resultados del mapa de calor. La Fig. 6 muestra el mapa de calor de una petición realizada por el cliente “Joseph Pedraza EAPIIS”, luego el sistema le dice que espere un momento mientras procesa, finalmente, le devuelve el mapa de calor en una figura de una matriz de 8x8, donde el rojo significa temperatura alta y el color azul significa temperatura baja y entre esos dos rangos se generan colores combinados que significan temperaturas intermedias.



Fig. 6. Mapa de calor generada por el sistema



Fig. 7. Panel de control de las temperaturas

5.2 Resultados de las temperaturas leídas

La Figura 7, muestra los resultados de las temperaturas leídas en un panel de control del 29/03 al 29/04 de 2022. Aquí se muestra también la temperatura en el polín, la temperatura del medio ambiente, la temperatura máxima registrada y la temperatura mínima registrada.

6 Conclusiones

Se construyó la cámara termográfica de bajo costo que permite monitorear la temperatura de un polín en una faja transportadora. El monitoreo se puede hacer mediante una consulta desde un dispositivo móvil que usa 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. El prototipo muestra un mapa de calor en una matriz de 8x8 en donde el color rojo indica que es temperatura alta y el color azul significa temperatura baja y en el intermedio se genera colores combinados o mezclados. Como trabajo futuro se plantea utilizar la red social Facebook como otra alternativa para los usuarios que están mas familiarizados con esta red social; asimismo, probar en otras fajas transportadoras de minería metálica y no metálica.

7 Referencias

- [1] H. F. Plasencia Armas, M. Guillermo, and J. Julio, "Incidencia del sector minero en el crecimiento económico del Perú 1990--2014," 2015.
- [2] A. E. Sthioul Ortiz, "Aportes de la minería a Chile y Peru: Interacción con la sociedad," 2015.
- [3] M. Y. Villacorta Corcuera, "Diseño de una faja transportadora de 150 m para 60 t/h de Bagazo de Caña de Azúcar," 2020.
- [4] P. E. Perez Guerrero, "Mejora de la disponibilidad mediante la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de faja transportadora en Minera Chinalco," 2021.
- [5] G. A. Riveros Arcos and others, "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo a cintas transportadoras para optimizar las fallas y su disponibilidad en el proceso minero en mina Chépica," Universidad de Talca (Chile). Facultad de Ingenier{\i}a, 2021.
- [6] T. M. Purizaca Vilela, "Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021," 2021.
- [7] C. Meza and C. Fabiana, "Proposición de un plan de mantenimiento al sistema de correas transportadoras," 2013.
- [8] M. Las Bambas, "Las Bambas Perú," 2016. <http://www.lasbambas.com/las-bambas-libro/presentacion> (accessed Oct. 10, 2019).
- [9] G. D. Ortega Nahuin, "Determinación de fallas funcionales de los equipos criticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas SA," Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.
- [10] J. H. Cisneros Montero, "Segmentación de color en imágenes usando una cámara térmica," Universidad de las Américas-Quito, 2020.
- [11] J. A. S. Nava, M. H. Bolaños, L. A. T. Ortiz, and J. S. Gutiérrez, "Diseño de una estación de temperatura corporal para covid19".
- [12] D. G. Ortega, "Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas S.A.," 2017. [Online]. Available: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3674>
- [13] Z. Radoslaw and R. Król, "Failure analysis of belt conveyor systems for condition monitoring purposes," *Min. Sci.*, vol. 128, no. 36, p. 255, 2009.
- [14] A. Mínguez Martínez, F. Ramos González, G. Quirós Torres, J. de y Oliva, and Others, "Determinación de las correcciones de calibración y estudio de la reproducibilidad de una impresora 3D," 2022. <https://doi.org/10.5944/bicim2022.008>
- [15] J. Ramírez Arango and others, "Diseño y construcción de una impresora 3D mediante foto-solidificación," 2015.