

Diseño de un sistema de monitoreo de criticidad para rodillos de cintas transportadoras

Argenis José Rodríguez Amaíz
<https://orcid.org/0009-0001-4305-3554>
advanced.reliability29@gmail.com
Ferrominera Orinoco
Bolívar - Venezuela

*Correspondencia: advanced.reliability29@gmail.com

Received (30/10/2023), Accepted (25/02/2024)

Resumen: El documento, presenta el diseño de un sistema de monitoreo de criticidad para visualizar en tiempo real la condición de los rodillos de una cinta transportadora. Este sistema utiliza un indicador tipo semáforo para comunicar de manera visual la criticidad del equipo; en este artículo están definidos los pasos para la aplicación de este modelo donde se le asignará un nivel de criticidad a cada rodillo mediante un sistema programable con valores de acuerdo a la condición actual de estos elementos cuyos resultados proporcionan información valiosa para optimizar las tareas de mantenimiento, reducir costos y mejorar la disponibilidad de las cintas transportadoras. Los reportes generados por este sistema lo convierten en una herramienta valiosa para una gestión gerencial, ya que su implementación se traduce en mayor seguridad, optimización del mantenimiento, extensión de la vida útil del equipo y mejor eficiencia operativa, asegurando la confiabilidad y productividad de las operaciones industriales.

Palabras clave: criticidad, rodillos, cintas transportadoras, mantenimiento preventivo, indicador tipo semáforo, reporte gerencial.

Design of a criticality monitoring system for conveyor belt rollers

Abstract. - The document presents the design of a criticality monitoring system to visualize the condition of the rollers of a conveyor belt in real-time. The paper presents the design of a criticality monitoring system to visualize the status of the rollers of a conveyor belt in real time. This system uses a traffic light indicator to visualize the criticality of the equipment. This article defines the steps for the application of this model where a criticality level will be assigned to each roller through a programmable system with values according to the current condition of these elements whose results provide valuable information to optimize maintenance tasks, reduce costs, and improve the availability of conveyor belts. The reports generated by this system make it a valuable tool for managerial management, since its implementation translates into greater safety, optimization of maintenance, extension of the useful life of the equipment, and better operational efficiency, ensuring the reliability and productivity of the industrial operations.

Keywords: criticality, rollers, conveyor belts, preventive maintenance, traffic light indicator, management report.



I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la criticidad en un equipo es un proceso continuo que debe revisarse periódicamente, ya que la disponibilidad puede cambiar con el tiempo. Las cintas transportadoras son componentes esenciales en diversos sectores industriales, desde la minería y la construcción hasta la manufactura y la distribución. Los rodillos, piezas clave en su funcionamiento, pueden sufrir desgastes y fallas que impactan negativamente la operación. Por lo tanto, la criticidad de las cintas transportadoras debe ser considerada como una prioridad en la gestión industrial. Implementar estrategias para garantizar su confiabilidad y buen funcionamiento es crucial para prevenir las consecuencias negativas.

Para mitigar estos riesgos se requieren de sistemas programables que brinden información precisa y en tiempo real; un sistema que permita monitorear el nivel de criticidad de los rodillos es una repuesta ante tal necesidad.

Los beneficios del sistema son múltiples:

- Reducción de paradas imprevistas: Se actúa antes de que ocurran fallas, minimizando interrupciones en la producción.
- Optimización del mantenimiento: Facilita la programación de tareas preventivas, reduciendo costos y tiempos de reparación.
- Extensión de la vida útil de los rodillos: Permite detectar y corregir problemas menores antes de que se agraven.
- Mejora de la eficiencia: Aumenta la disponibilidad de las cintas transportadoras y optimiza el flujo de materiales.

Su implementación lo convierte en un aliado estratégico para la industria. Por ende, el presente trabajo está establecido con un desarrollo teórico que contiene los conceptos técnicos que se utilizaron para llevar a cabo esta investigación. Así mismo, también contiene la metodología con el tipo de investigación aplicada y los procedimientos para desarrollar este sistema de monitoreo de criticidad en cintas transportadoras, finalizando con los resultados obtenidos, las conclusiones y referencias utilizadas.

II. DESARROLLO

La criticidad es un indicador que informa del riesgo que presenta un dispositivo para su empresa, facilitando la priorización del mantenimiento. Es una medida para dar prioridad a los activos para la planificación del gestor de mantenimiento. Este nivel se representa a su vez con un valor numérico que permitirá ponderar la criticidad de cada activo o componente de un equipo.

Tabla 1. Niveles de Criticidad.

Código	Nivel de Criticidad	Color
AC	Alta criticidad	Rojo
MC	Mediana criticidad	Amarillo
BC	Baja criticidad	Verde

A. Indicadores tipo semáforo

Los indicadores tipo semáforo son una herramienta visual simple y efectiva para comunicar la criticidad de los activos o componentes en un sistema de mantenimiento industrial. Se basan en el uso de colores para representar diferentes niveles de criticidad, similar a un semáforo:



Fig. 1. Semáforo indicador. Elaboración propia del autor.

- **Rojo:** Indica que el activo o componente se encuentra en un estado crítico y requiere atención inmediata.
- **Amarillo:** Indica que el activo o componente se encuentra en un estado de alerta y requiere atención preventiva.
- **Verde:** Indica que el activo o componente se encuentra en un estado normal y no requiere atención inmediata.

Los indicadores tipo semáforo son definidos por M. Mozammel Haque (2016)¹ como “una herramienta valiosa para la gestión de activos en una variedad de industrias. Pueden ayudar a mejorar la comunicación, la toma de decisiones y la eficiencia general del proceso de mantenimiento.” [1]

B. Monitor de criticidad programado

Es una herramienta que permite visualizar y gestionar la criticidad de los equipos en un sistema de mantenimiento industrial. Se basa en la clasificación de los equipos o sus componentes en función de su impacto potencial en la producción, la seguridad y los costos de la empresa en caso de falla.

C. Beneficios del uso de un monitor de criticidad

- **Mejora la toma de decisiones:** Permite a los responsables de mantenimiento tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos y la priorización de tareas de mantenimiento.
- **Reduce el riesgo de fallas:** Permite identificar y gestionar los activos críticos de manera proactiva, lo que reduce el riesgo de fallas imprevistas y costosas.
- **Mejora la eficiencia del mantenimiento:** Permite optimizar las actividades de mantenimiento al enfocarse en los activos que tienen un mayor impacto potencial en caso de falla.

Un monitor de criticidad eficaz para los equipos o sus componentes, según el Dr. John Van Der Meer, “Es una herramienta poderosa que puede ayudar a las empresas a prevenir fallos costosos y proteger a sus trabajadores y al medio ambiente” [2].

D. Gráficos indicadores

Se utilizan para mostrar tendencias, patrones y cambios en los datos de una manera fácil de entender. Son útiles para comunicar información sobre el rendimiento de una métrica en relación con un objetivo o rango objetivo. fig. 2.



Fig. 2. Modelo de gráfico indicador [3].

Los gráficos indicadores ofrecen varios beneficios, que incluyen:

- **Mejora de la comunicación:** Los gráficos indicadores pueden comunicar información compleja de una manera fácil de entender.
- **Mayor visibilidad:** Los gráficos indicadores pueden ayudar a aumentar la visibilidad de las métricas clave.
- **Promoción de la acción:** Los gráficos indicadores pueden ayudar a promover la acción al mostrar cuándo es necesario tomar medidas correctivas.

E. Cintas o bandas transportadoras

Es un sistema de transporte que consiste en una banda continua que se mueve sobre poleas y está sostenida por rodillos (Acanalada) o una bandeja plana. La banda transportadora se utiliza para transportar materiales a granel o productos manufacturados sobre una distancia fija o variable. fig.3.

En el transporte de materiales a granel, según el Manual para Transportadores de Cinta CEMA (N° 305-2019)⁴, indica que: "Los transportadores de cinta proporcionan un flujo continuo de material evitando demoras, peligros de seguridad en rieles, tráfico de motor, y otros congestionamientos" (Pag 6). [3]

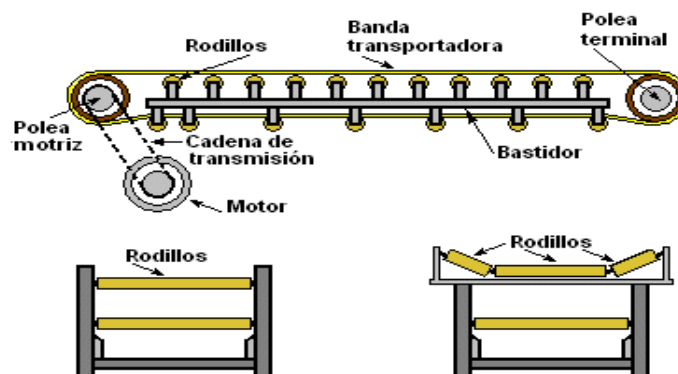


Fig. 3. Esquema de una cinta transportadora [5].

Una cinta transportadora acanalada, es un tipo de transportador de banda que utiliza una banda con surcos o canales en su superficie para transportar materiales. Los surcos ayudan a contener el material en la banda, lo que permite transportar materiales inclinados o incluso verticalmente. fig. 4.



Fig. 4. Modelo de Cinta transportadora acanalada para el procesamiento de mineral de carbón [6].

F. Bastidor de carga para cinta acanalada

Es la estructura principal que soporta la banda transportadora, los rodillos, los componentes mecánicos y el material transportado. Tienen tres configuraciones generales con ángulos de 20° , 35° y 45° . Usualmente consta de tres rodillos. Los dos rodillos extremos están inclinados hacia arriba, quedando el central horizontal. fig. 5.

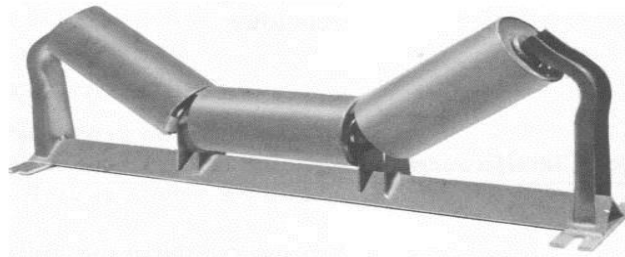


Fig. 5. Bastidor Acanalado de Carga [7].

Los bastidores con rodillos levantados a 35° y 45° proporcionan mayor capacidad de carga para un ancho dado, y demanda mayor flexibilidad para la cinta.

G. Bastidor de retorno

Estos bastidores son usados para soportar la cinta en el camino de retorno. Usualmente están suspendidos debajo de la misma estructura que soporta los bastidores de carga. fig. 6.



Fig. 6. Bastidor de retorno [7].

H. Espaciamiento entre los bastidores

El espaciamiento normal sugerido en los bastidores para el trabajo de los transportadores en general es establecido por el Manual para Transportadores de Cinta CEMA (N° 305-2019)¹. Los bastidores deberían espaciarse para mantener la correa fija y en contacto con el bordeado de goma de los delantales a lo largo de su longitud entera. Tabla 2.

Tabla 2. Espaciado entre bastidores.

Ancho de la cinta. (Pulgadas)	Peso de las ruedas guía del material manipulado.						Rodillos de retorno.
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

III. METODOLOGÍA

A. Tipo de investigación

Esta Investigación es no experimental, ya que este proyecto se caracteriza por la ausencia de manipulación o control de las variables. En este tipo de estudios, se observa y analiza el fenómeno o evento tal y como ocurren de forma natural, sin intervenir en ellos. También es una investigación aplicada, ya que tiene como objetivo generar conocimiento con aplicación directa para resolver problemas específicos o satisfacer necesidades prácticas.

En este caso, el estudio se aplicó para una banda acanalada con 30 estaciones de rodillos, específicamente veinte y dos (22) bastidores de carga de tres (3) rodillos y ocho (08) bastidores de retorno.

B. Procedimiento metodológico

1. Se generó una tabla en Excel con los valores 1,2,3 asignando los colores del semáforo donde; Rojo = 1, Amarillo = 2 y Verde = 3. El color verde indica que el rodillo está óptimo, el amarillo que está regular y el rojo que está dañado. Tabla N° 2 y 3.
2. La tabla generada se programó para evaluar los niveles de criticidad en función del dato que insertara el inspector técnico o inspector planificador, que es el encargado de recolectar la data y generar los primeros indicadores. Tabla N° 3 y 4.

Tabla 3. Tabla de Evaluación de Criticidad en rodillos. Estaciones N° 1 al 15.

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RODILLOS DE CARGA LATERAL DERECHO	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
OPTIMO	-	3	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
REGULAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	-	-
DAÑADO	1	-	1	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-	1	1
RODILLOS DE CARGA CENTRAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
OPTIMO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
REGULAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	2
DAÑADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RODILLOS DE CARGA LATERAL IZQUIERDO	3	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
OPTIMO	3	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
REGULAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
DAÑADO	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RODILLOS DE RETORNO	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	3	-
OPTIMO	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	3	-
REGULAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
DAÑADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. Tabla de Evaluación de Criticidad en rodillos. Estaciones N°16 al 30.

ESTACIONES	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
RODILLOS DE CARGA LATERAL DERECHO	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	2	2	3
OPTIMO	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	3	-	-	3	
REGULAR	-	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-	
DAÑADO	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	
RODILLOS DE CARGA CENTRAL	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3
OPTIMO	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	-	3	-	3
REGULAR	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	
DAÑADO	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RODILLOS DE CARGA LATERAL IZQUIERDO	2	3	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3	3	3	
OPTIMO	-	3	3	-	3	-	3	-	3	-	3	3	3	3	3	
REGULAR	2	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
DAÑADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
RODILLOS DE RETORNO	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	
OPTIMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
REGULAR	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DAÑADO	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	

- Se programaron las celdas de instrucción de datos a través de formatos con condiciones de Excel, para que el dato al ser ingresado a la celda adopte el color de relleno asignado según el número. fig. 8.

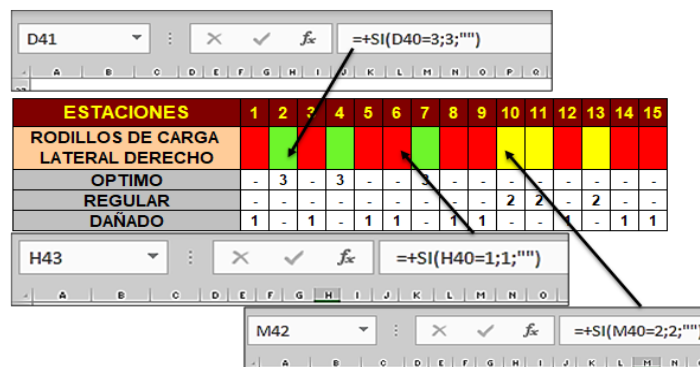


Fig. 8. Configuración de las celdas con condiciones de Excel para carga de Datos. Elaboración propia del autor.

- Se diseñó un panel de alerta con grafica de barras para visualizar los resultados de manera óptima conociendo la ubicación y el estado del rodillo de la cinta transportadora, una vez fueran ingresados los datos en las tablas mencionadas. "fig. 9, 10, 11 y 12".

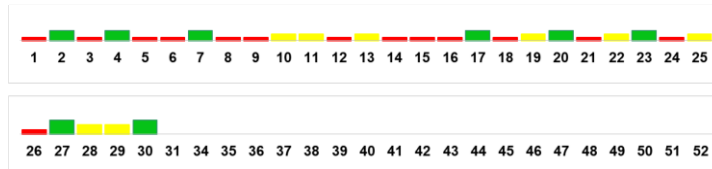


Fig. 9. Panel de Alerta – Rodillos de Carga Lateral Derecho.

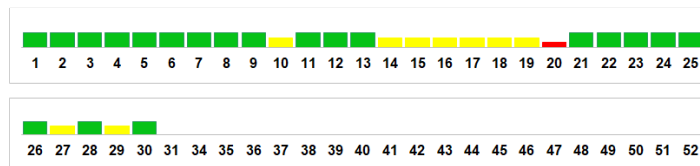


Fig. 10. Panel de Alerta – Rodillos de Carga central.

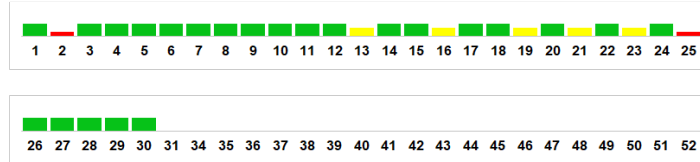


Fig. 11. Panel de Alerta – Rodillos de Carga Lateral Izquierdo.

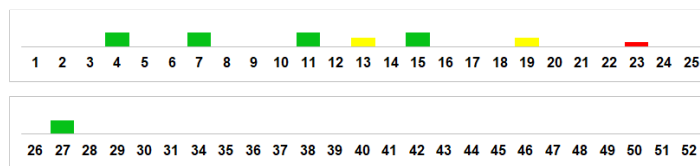


Fig. 12. Panel de Alerta – Rodillos de Retorno.

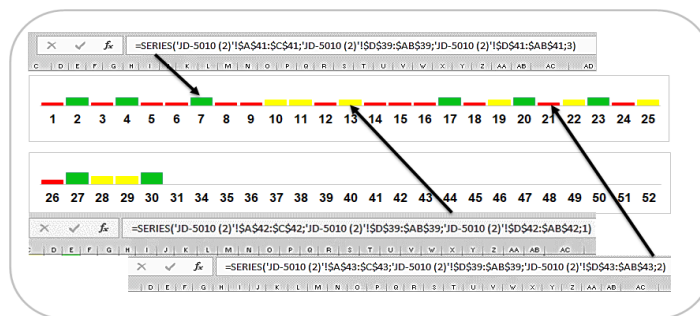


Fig. 13. Configuración del panel de alerta para cada rodillo de la cinta transportadora

- De acuerdo con el panel de alerta se diseñó una tabla de resultados para visualizar las cantidades de rodillos óptimos, regulares y dañados, para que la información consolidada pueda ser visualizada en un informe gerencial. tabla 5.

Tabla 5. Tabla de Resultados para visualizar la condición y cantidades de los rodillos de la Cinta Transportadora.

	PANEL DE RESULTADOS CONDICIÓN DE RODILLOS			TOTAL RODILLOS
	OPTIMOS	REGULARES	DAÑADOS	
RODILLOS DE CARGA LATERAL DERECHO	8	8	14	30
RODILLOS DE CARGA CENTRAL	20	9	1	30
RODILLOS DE CARGA LATERAL IZQUIERDO	23	5	2	30
RODILLOS DE RETORNO	5	2	1	9

- Se diseñaron graficas dinámicas para el reporte gerencial del monitor de criticidad, de manera que los resultados puedan ser analizados por el personal técnico responsable.

Se visualiza mediante gráficos dinámicos la cantidad de rodillos de carga lateral derecho e izquierdo en condiciones óptimas, regulares y dañados. Fig. 14.

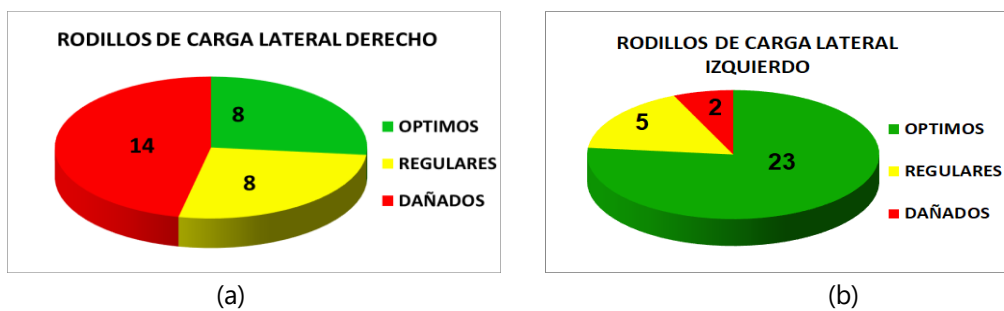


Fig. 14. Condición de los Rodillos. (a) Rodillos de carga lateral derecho. (b) Rodillos de carga lateral izquierdo. Fuente. Elaboración propia del autor.

Se visualiza mediante gráficos dinámicos la cantidad de rodillos de carga central y de retornos en condiciones óptimas, regulares y dañados. Fig. 15

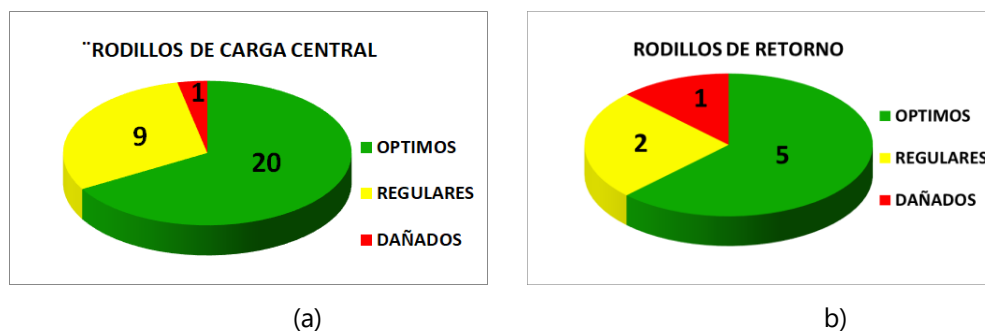


Fig. 15. Condición de los Rodillos. (a) Rodillos de carga central. (b) Rodillos de retorno. Fuente: Elaboración propia del autor.

Se obtiene por otra parte, una tabla con los resultados registrados semanalmente de la condición de la cinta transportadora, de acuerdo con la frecuencia de inspección para realizar un seguimiento al estado actual del equipo. Tabla 6.

Tabla 6. Seguimiento a la condición de la cinta.

SEGUIMIENTO A LA CONDICION DE LA CINTA				
ESTADO	SEMANA 6	SEMANA 14	SEMANA 22	SEMANA 30
OPTIMO	57%	53%	50%	92%
REGULAR	24%	24%	20%	3%
MALO	18%	24%	30%	5%

Los resultados registrados en la tabla de seguimiento de condición de la cinta se visualizan en gráficos de barra dinámicos para sus respectivos análisis en el reporte gerencial. Fig. 16

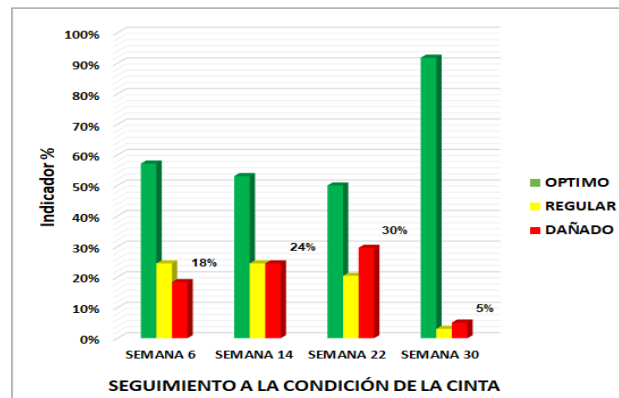


Fig. 16. Seguimiento a la Condición de la Cinta. Fuente. Elaboración propia del autor.

IV. RESULTADOS

Para finalizar y visualizar los resultados del monitor de criticidad para una cinta transportadora, se deben realizar los siguientes procedimientos:

1. Inspeccionar el estado de la cinta transportadora en tiempo real.
 - **Técnicos:** Detectan la presencia de desviaciones en los rodillos de la cinta.
2. Carga de datos.
 - **Origen de los datos:** Los datos tomados reflejan la condición de los rodillos de cada cinta transportadora.
 - **Lectura de datos:** Se cargan los datos tomados por los técnicos en la base del sistema.
 - **Frecuencia de actualización:** La frecuencia de actualización dependerá de la ratio de operación de cada cinta transportadora.
3. Visualización del monitor de criticidad.
 - **Actualización de estado:** Se actualiza el estado o condición de los rodillos de cada cinta transportadora.
 - **Semáforo indicador:** El indicador muestra los resultados mediante graficas donde los colores Verde, amarillo y rojo señalan la condición de cada rodillo de la cinta transportadora.

A continuación, Se visualiza la interfaz del monitor de criticidad para la carga de datos y el reporte gerencial que este emite, donde se puede visualizar la condición de la cinta transportadora en tiempo real y el seguimiento y control de la misma durante cada semana.

La interfaz del monitor de criticidad permite al usuario o técnico registrar los resultados de la inspección realizada a la cinta transportadora en tiempo real. fig 17.

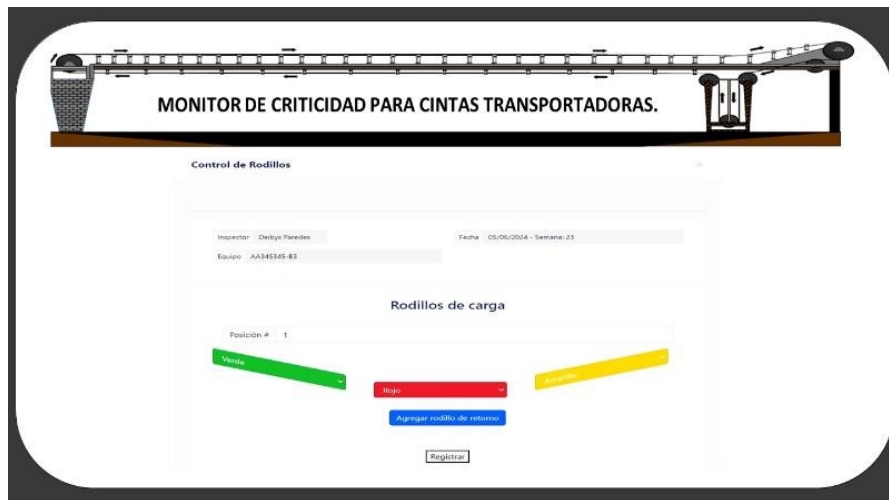


Fig. 17. Interfaz de usuario del Monitor de Criticidad para la carga de los datos. Elaboración propia del autor.

Este reporte gerencial permite obtener la información necesaria para evaluar el impacto de las estrategias de mantenimiento aplicadas, para garantizar la disponibilidad de la cinta transportadora. fig 18.

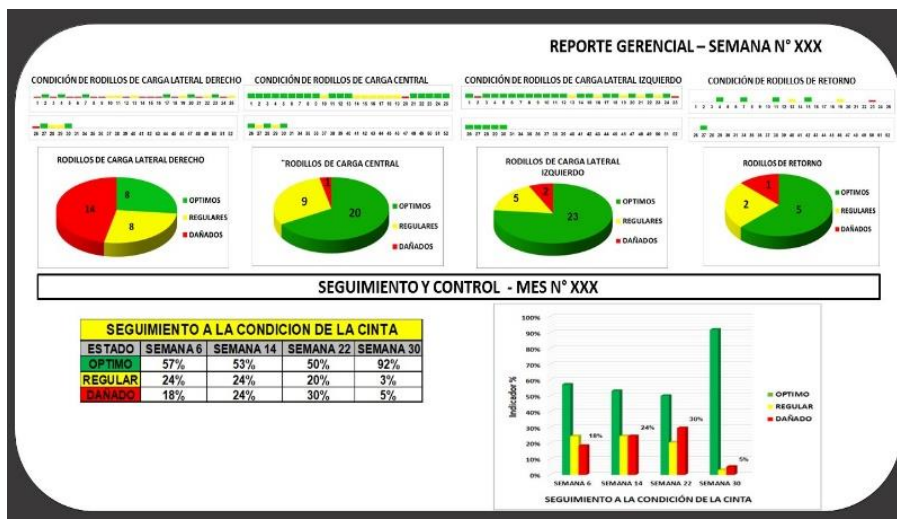


Fig. 18. Reporte Gerencial generado por el Monitor de Criticidad. Elaboración propia del autor.

A fin de lo presentado en este documento, Se recomienda lo siguiente:

1. Esta investigación sugiere la posibilidad de modernizar y automatizar nuestro sistema de criticidad, tradicionalmente basado en Excel; consideramos la migración a una aplicación web como una opción viable para mejorar la eficiencia, precisión y accesibilidad. Este cambio potencial permitiría a los usuarios acceder a la información en tiempo real desde cualquier lugar y dispositivo, facilitando una colaboración más efectiva.
2. De acuerdo al modelo de cinta transportadora existen diferentes necesidades de monitoreo. Es importante implementar el monitor y que esté diseñado para el tipo específico de cinta transportadora que se está utilizando.

CONCLUSIONES

1. El monitor de criticidad puede identificar y alertar sobre posibles fallos o problemas en la cinta transportadora antes de que ocurran, lo que permite tomar medidas preventivas y evitar paradas no planificadas.
2. Aplicar un monitor de criticidad en cintas transportadoras ayuda a las empresas a identificar y prevenir varios fallos potenciales antes de que ocurran. Esto evita daños en la cinta transportadora y en los productos transportados evitando pérdidas monetarias.
3. El monitor de criticidad puede proporcionar datos valiosos sobre el rendimiento de la cinta transportadora, que pueden usarse para tomar mejores decisiones sobre el mantenimiento, la programación y las mejoras del sistema.
4. El monitor de criticidad puede ayudar a mejorar la seguridad en el lugar de trabajo al identificar y alertar sobre posibles peligros, como un exceso de carga o un mal funcionamiento de los componentes.
5. La información proporcionada por el monitor permite establecer estrategias de mantenimiento proactivo, optimizando el uso de recursos y evitando intervenciones innecesarias. Esto conduce a una mayor eficiencia en la gestión de la cinta transportadora y a una prolongación de su vida útil.

REFERENCIAS

- [1] M. Mozammel Haque. Art. El uso de indicadores semáforo en la gestión. https://www.researchgate.net/publication/263962649_Performance_Measures_for_Traffic_Signal_Systems_An_Outcome-Oriented_Approach, 2016.
- [2] Dr. John Van Der Meer. Gestión de la Criticidad para Activos Industriales: Un enfoque Práctico. España, 2008.
- [3] Grafica inteligente e indicadores GI. Tipos de gráficos indicadores. <https://graficainteligente.com.br/Indicadores-de-Qualidade->.
- [4] Manual para Transportadores de Cinta. Transportadores de banda de material a granel: requisitos y prácticas recomendadas. (Spanish Edition). EUA. CEMA, N° 305-2019.
- [5] Researchgate Facultad de Ingeniería. Esquema de una cinta transportadora. https://www.researchgate.net/publication/263962649_Performance_Measures_for_Traffic_Signal_Systems_An_Outcome-Oriented_Approach, 2016.
- [6] Modelo de cinta transportadora acanalada para el procesamiento de mineral de carbón. https://www.freepik.es/fotos-premium/cinta-transportadora-procesamiento-mineral-carbon_43052208.htm.
- [7] Manual para Transportadores de Cinta. Rodillos de Carga y Retorno del Transportador de Banda de Material a Granel. (Spanish Edition). EUA. CEMA, N° 502-2019.
- [8] Carlos Parra. Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos Industriales (Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad n° 6, Spanish Edition, 2012.
- [9] Grupo enova. Ingeniería de mantenimiento, análisis de criticidad, 2017. <https://enovalevante.es/ingenieria-de-mantenimiento-analisis-de-criticidad-parte-1/>.
- [10] Tips de tecnología. Pautas para crear semáforo indicador en Excel. 2020. <https://tipsdetecnologia.com/3-tips-para-crear-un-semaforo-en-excel>.



Argenis José Rodríguez Amaíz. Nació en Puerto Ordaz, Venezuela en 1981. Ingeniero Mecánico egresado de la UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz (2006). Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Post-Grado UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz (2014). Auditor de Sistemas de Gestión de la Calidad (Bureau Veritas de Venezuela), Profesional del Área de Planificación de Mantenimiento e Inspección Técnica. (16 años de experiencia) en C.VG Ferrominera Orinoco.