



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad en trenes automatizados sin conductor GOA4 en la puesta en servicio Línea 2 etapa 1A Subterráneo Ate - Santa Anita 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Campos Rodriguez, Ronal Samuel (orcid.org/0000-0003-2456-5957)  
Huaman Jurado, Alejandro (orcid.org/0000-0001-8634-3976)

ASESOR:

Mg. Añazco Escobar, Dixon Groky (orcid.org/0000-0002-2729-1202)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

## DEDICATORIA

Este proyecto de investigación lo dedicamos a nuestras familias, por el apoyo incondicional en todo momento para el logro de nuestros objetivos.

A los profesores del programa formación para adultos, por transmitir sus consejos y enseñanzas en el transcurso de nuestra vida universitaria.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo, a los docentes por transmitir sus consejos y enseñanzas en todo estos años.

## índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de Tablas.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCOTEÓRICO.....	11
III.- METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y Operacionalización: .....	19
3.3. Población, muestra.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos.....	25
3.6. Métodos de análisis de datos.....	35
3.7. Aspectos éticos.....	36
IV.RESULTADOS.....	38
4.1. Análisis estadístico descriptivo.....	38
4.2. Análisis estadístico inferencial.....	40
4.3. Contrastación de la hipótesis.....	47
V .DISCUSIÓN.....	50
VI.CONCLUSIONES.....	52
VII.RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	60

## Índice de Tablas

Tabla 1: Variables y operacionalización.....	22
Tabla 2: Trenes que conforman la población.....	23
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
Tabla 4: Cronograma aplicación del plan de mantenimiento preventivo.....	30
Tabla 5: Mantenimiento por meses.....	31
Tabla 6: Encuesta Técnicos de mantenimiento del tren.....	33
Tabla 7: Encuesta del mantenimiento.....	34
Tabla 8: Métodos e instrumentos de análisis de datos.....	35
Tabla 9: Mantenimiento Preventivo.....	38
Tabla 10: Estadísticos descriptivos variable independiente.....	39
Tabla 11 Variable dependiente.....	39
Tabla 12: Estadísticos descriptivos de la variable dependiente.....	39
Tabla 13: Prueba de normalidad de la variable independiente.....	40
Tabla 14: Prueba de normalidad de la variable independiente.....	40
Tabla 15: Análisis de normalidad de la variable dependiente.....	43
Tabla 16: Análisis de normalidad de la variable dependiente.....	44
Tabla 17: Hipótesis General Estadísticos de muestras relacionadas .....	47
Tabla 18: Correlaciones de muestras relacionadas.....	47
Tabla 19: Prueba de muestras relacionadas.....	47
Tabla 20: Hipótesis Especifica Estadísticos de muestras relacionadas.....	48
Tabla 21: Correlaciones de muestras relacionadas.....	48
Tabla 22: Prueba de muestras relacionadas.....	48
Tabla 23: Prueba de muestras relacionadas TMEF.....	49
Tabla 24: Prueba de muestras relacionadas TMPR .....	49
Tabla 25: Matriz de consistencia.....	65

## Índice de Figuras

Figura1: Disponibilidad del servicio.....	7
Figura2: Numero de fallas del tren Línea 1.....	8
Figura3: Cumplimiento de inspecciones .....	38
Figura4: Actividades de mantenimiento.....	38
Figura5: Histograma de datos % inspecciones antes.....	41
Figura6: Histograma de datos % inspecciones después.....	42
Figura7: Histograma de % actividades de mantenimiento antes.....	42
Figura8: Histograma de % actividades de mantenimiento después.....	43
Figura9: Histograma de datos muestrales de disponibilidad antes.....	45
Figura10: Histograma de datos muestrales de disponibilidad después .....	45
Figura11: Histograma de los datos muestrales de confiabilidad antes.....	46
Figura12: Histograma de los datos muestrales de confiabilidad después.....	46
Figura13: Tráfico de pasajeros Metro Lima 2020.....	60
Figura14: Tráfico de pasajeros Metro Lima 2021.....	60
Figura15: Estaciones y Talleres de reparaciones etapa 1A.....	61
Figura16: Encuesta desarrollada en Google formulario .....	62
Figura17: Equipos y accesorios para el mantenimiento .....	66
Figura18: Componentes principales del tren eléctrico Línea 2.....	67
Figura19: Cartilla de mantenimiento línea 2 etapa 1a mensual.....	68
Figura20: Cartilla de mantenimiento línea 2 etapa 1a bimensual .....	69
Figura21: Patio taller Línea 2 Metro Lima.....	70
Figura22: Mantenimiento de sistema de freno .....	71
Figura23: Prueba de coches .....	72
Figura24: Cable motor.....	72
Figura25: Protector cable.....	73
Figura26: Aislador de resistencia de frenado... ..	73
Figura27: Datos Variable Dependiente ... ..	74
Figura28: Datos de la variable independiente.... ..	75

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo implementar una propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad de los trenes automatizados con el fin de disminuir averías, prevenir el desgaste en los trenes, aumentar la confiabilidad y reducir costos. La finalidad del estudio de investigación tiene como objetivo establecer en qué medida el diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incremento la confiabilidad en los trenes Automatizados sin conductor grado de automatización 4 (GoA4) en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

El tipo de estudio utilizado es cuantitativo, el diseño de estudio fue pre experimental longitudinal de tipo aplicada porque resuelve un problema, como muestra se toma los 5 trenes que iniciaran las pruebas de funcionamiento en vacío y con pasajeros de la etapa 1 A y el instrumento utilizado fue las cartillas de mantenimiento, la observación directa, Inspecciones periódicas a través de la cual permitió establecer si el mantenimiento preventivo es de manera adecuada para que no se incurra en anomalías y costos. En resumen, para evaluar documentación recopilada se aplicó el programa estadístico SPSS para hallar datos cuantitativos de mantenimiento preventivo.

Palabras clave: Mantenimiento Preventivo, Trenes Automatizados, Confiabilidad

## Abstract

The objective of this research work is to implement a proposal for the design and application of a preventive maintenance plan to increase the reliability of automated trains in order to reduce breakdowns, prevent wear on trains, increase reliability and reduce costs. The purpose of the research study is to establish to what extent the design and application of a preventive maintenance plan increased reliability in Automated driverless trains degree of automation 4 (GoA4) in the commissioning of Line 2 Stage 1A underground Ate - Santa Anita 2022.

The type of study used is quantitative, the research design was longitudinal pre-experimental of an applied type because it solves a problem, as a sample the 5 trains that will start the tests of empty operation and with passengers of stage 1 A are taken, and the The instrument used was the maintenance booklets, direct observation, periodic inspections through which it was possible to establish if preventive maintenance is adequate so that anomalies and costs are not incurred. In summary, to evaluate the documentation collected, the SPSS program to find the quantitative data of preventive maintenance.

Keywords: Preventive Maintenance, Automated trains, Reliability



## I.-INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado, los programas de mantenimiento preventivo cubren todos los sistemas de procesos que requieren un mejor rendimiento y una mayor vida útil para un dispositivo en particular.

(MOHAMMADI 2020) los sistemas de transporte urbano son fundamentales para que las personas realicen actividades y se transporten. Entre estos sistemas se encontraron a los trenes eléctricos, metros y subterráneos que son confiables eficaces y sostenibles. La comodidad, orden limpieza y puntualidad son importantes. Acceder a este tipo de transporte masivo requirieron garantizar la seguridad y la eficiencia de la operación y debió ser una preocupación inadecuada. Por lo tanto, fue necesario considerarse un conjunto de actividades; como la proactividad del mantenimiento y la programación en el metro de Montreal Canadá, realizaron un estudio real el cual dio como resultado el ahorro de un 25% del gasto acumulado en un periodo de 20 años.

(Dinmohammadi 2019) propuso que el estudio del modelo de mantenimiento se basó en el riesgo ,que se realizó en el pantógrafo de tren eléctrico modelo 380 del operador escoses dio como resultado una mejora significativa en costos ,seguridad ,calidad y confiabilidad de este equipo crítico, ya que en una avería o falla se detendría o reduciría la tracción al 50%, se contrastaron con los métodos de inspección usados en la actualidad, De este modelo se basó en el riesgo aplicados al material rodante de los trenes hay pocos estudios que se pusieron a profundizar a los equipos críticos del tren eléctrico en la mejora continua.

(Liu, Xu, Ni 2019) Según en su estudio planteo un nuevo procedimiento de identificación de fallas para deficiencias menores de las ruedas del tren que comúnmente causaban vibraciones irregulares en el sistema de vías del vehículo para trenes de alta velocidad (high speed rail - HSR), donde se emplearon todo un sistema de monitoreo en línea que uso en los sensores a rejilla de Bragg de fibra al costado del camino (fiber Bragg grating-FBG) que consiguieron respuestas de la anomalía de la riel en múltiples localizaciones en los pies del carril, con el objetivo de detectar automáticamente posibles deficiencias en dichas ruedas, en su presente estudio planteo un algoritmo de identificación de fallas en tres pasos que se identificaron en las deficiencias locales a la luz de los registros de monitoreo en línea de las deformaciones del ferrocarril. Dicho algoritmo se diseñó adecuadamente para reducir tanto las falsas señales como los aciertos perdidos, donde se pudo inducir a

un costo de consideración en el tren de alta velocidad HSR. Por esos motivos que el BSS bayesiano excedieron a las técnicas de la fuente ciega bayesiana (blind source separation-BSS) convencional es en el método de señales con estructura provisional y la cuantificación errada en la medición. Mediante el método de datos, la extracción de peculiaridad de sensibles a las fallas y el procedimiento de confirmación de anomalías, no solo pudieron distinguir las ruedas deficientes en todos los juegos de ruedas que pasan, también pudieron predecir la localización de los defectos locales de las ruedas del tren en múltiples casos de fallas.

(Wang, Ma, Zhang 2019) En dicho artículo, presentó un procedimiento basado en el contacto de componentes finitos y la guía de dinámica del vehículo/vía para presentar el desgaste de las ruedas. Los perfiles de rueda estándar y fallados del tren ferroviario de alta velocidad se combinaron con el perfil de riel estándar de 60N en diferentes ubicaciones laterales y se planteó que el modelo de elementos finitos (finite element models FEM) de rueda/riel. Como resultados del cálculo del contacto de elementos finitos, propusieron un procedimiento de trabajo de fricción y dejaron claro que el trabajo de fricción era similar al producto de desplazarse relativo del nodo como la fricción de conexión. Luego simplificaron el trabajo de la fricción. Después de los resultados anteriores, obtuvieron la cantidad de desgaste de la rueda y la forma de las ruedas desgastadas. También encontraron que los patrones de desgaste de los perfiles anunciados coincidieran con los perfiles medidos y que los resultados de pronosticado aplicados a la data de resultados del cálculo de contacto del modelo usado que estaban más cerca de la ubicación real.

(TAO, Gongquan, 2020) Según de este estudio la poligonización es un desgaste no uniforme común que ocurre en las ruedas de vehículos ferroviarios y tiene un impacto rígido en el sistema de vía del vehículo, la ventaja de conducción y los residentes en dicha línea. Este estudio resumió primero las anomalías periódicas de las ruedas, incluida la poligonización y corrugado de las ruedas, que se produjeron en las líneas ferrocarriles en el mundo. También, analizaron los efectos de la poligonización de las ruedas del vehículo ferroviario en la interacción de la rueda-carril, ruido y la vibración, y el defecto por fatiga del vehículo y componentes de la vía. Por las diferentes causas, los mecanismos de formación de anomalías periódicos de las ruedas que presentaron en tres categorías: uno deficiencias iniciales de las ruedas, dos vibraciones naturales del sistema de orugas del vehículo y tres inestabilidades termo elástica

(SHIAU, Wang 2022)De acuerdo a su estudio el bogie es un componente esencial de los trenes. Cualquier falla que sufrió en la transmisión de la estructura / mecanismo de los bogíes no evito el descarrilamiento del tren. El Sistema de Detección de Inestabilidad de Bogie (BIDS) se llegó a instalar en los trenes de alta velocidad, que se activa a la alarma cuando se detecta fallas para que se pudo tomar las acciones correctivas o preventivas. En mayoría de los casos se generó advertencias intermitentes cuando se produjeron anomalías en la interfaz rueda/riel, pero no se encontraron ninguna falla dura en la estructura o el mecanismo del bogie. En el presente estudio del caso, encontramos que la temperatura es uno de los factores principal para las alarmas BIDS; la velocidad del tren, el kilometraje acumulado y la ubicación son factores subordinados. El enfoque propuesto del árbol de decisión pudo conducir en incrementaron mejoras en el mantenimiento preventivo.

(Bustos et al. 2018)Propuso para un mantenimiento eficiente en los sistemas de transporte ferroviario, especialmente en los trenes automatizados de alta velocidad, que previnieron accidentes con efectos fatales. En tal sentido, conto con un procedimiento que permitió la detección anticipada de fallas en elementos críticos, los componentes mecánicos del bogie, este fue importante para incrementar la disponibilidad del material rodante y reducir el precio de mantenimiento. La contribución principal de este estudio fue la propuesta de una metodología, basada en técnicas clásicas de procedimiento de empleo de señales, proporcionaron un conjunto de datos para la identificación simultanea del estado efectivo del sistema mecánico crítico. Con esta metodología, se distinguió el comportamiento vibratorio de un sistema mecánico complejo, a través de ingreso de variables, de esta manera permitieron identificar probables cambios en los elementos mecánicos. Con este procedimiento se aplicaron a un tren automatizado real en servicio comercial, con la finalidad de estudiar el comportamiento vibratorio del tren antes y después de una ejecución de mantenimiento.

(Zhao, Gao, Tang 2022),para el mantenimiento ferroviario se efectuaron dos métodos básicamente por kilometraje recorrido y por tiempo semanal mensual anual y cada método varían en la práctica y realidad ya sea por diferentes factores error humano repuestos tiempos insuficientes el mantenimiento. Para el mantenimiento de un solo componente se utilizaron el mantenimiento correctivo que organiza la reparación del componente, tenemos el mantenimiento preventivo que organizaron

las actividades para prolongar la vida útil basándose en estadísticas tiempo de fallas vida útil del componente se realizaron el mantenimiento predictivo realizando la monitorización del componente en tiempo real basado en la tecnología actual.

Estrategia de varios componentes mantenimiento multicomponente, como el mantenimiento por lotes mantenimiento preventivo simultáneo de múltiples componentes del equipo de acuerdo con el mismo ciclo de mantenimiento, el mantenimiento de oportunidades cuando un componente del equipo necesitaron ser reparado, otros componentes que deben repararse pronto se repararon por adelantado y el mantenimiento de grupos la idea de compartir los recursos de mantenimiento del mismo tipo de componentes puede ahorrar costos de mantenimiento se pudo reparar varios componentes de acuerdo con los diferentes ciclos de mantenimiento.

(Yuan et al. 2019), En el presente artículo estudio a los aisladores compuestos el aumento de la temperatura anormal (abnormal temperature rise ATR), avance respecto a los últimos adelantos en materiales y previnieron el deterioro de los aisladores estos están afectado por la pérdida de aislamiento, corrosión, humedad relativa alta > a 60% hasta 10 grados centígrados que presento este tipo de indicios se pudo acortar el tiempo de inspecciones y fue remplazado en caso sea necesario. (Davari et al. 2021), El avance de la industria 4.0 y los avances tecnológicos hizo que se aplique otro tipo de mantenimiento complementario al correctivo ,preventivo como el mantenimiento predictivo con modelos de aprendizaje automático y soluciones de aprendizaje profundo este tipo de mantenimiento se estuvo llevando a la industria ferroviaria ya que se usó cada vez más tanto en carga como pasajeros y la gran demanda requirieron de un mantenimiento que sea confiable seguro los métodos predictivo se dividieron en tres principalmente pronostico que se basó en modelos, pronósticos basado en experiencia y los basados en datos

El mantenimiento predictivo básicamente debió detectar y prevenir fallas antes de que esta ocurra principalmente en componentes críticos de los sistemas ferroviarios utilizando sensores, monitoreando la variable en tiempo real. Existe pocos trabajos artículos sobre el mantenimiento predictivo ferroviario.

(Wang et al. 2020), En este estudio se estudió las grietas por fatiga de los bogíes componente crítico del tren donde va el soporte de la carga de los coches componentes como el motor, frenos suspensión esto afecto a la seguridad operativa del tren, esto indico que la confiabilidad de fatiga de los bastidores es inadecuada.

En este caso el artículo menciona la elaboración de un equipo dinamométrico de pruebas en la línea que obtuvo condiciones reales de carga y daño que se pudo realizar las correcciones adecuadas a los puntos críticos de fisuras de los bogíes con este estudio mejoró la fiabilidad de la fatiga de los puntos críticos de bogie.

(Dalzochio et al. 2020) En los últimos años la cuarta revolución industrial trajo varios cambios como la Predicción de fallas del Mantenimiento predictivo el aprendizaje automático y la aplicación del razonamiento como las diferentes técnicas y estrategias estudiadas en la industria 4.0 el mantenimiento predictivo es un tema candente en el contexto de la Industria 4.0, con fábricas inteligentes equipadas con sensores donde la tecnología es omnipresente, hay necesidad de gran cantidad de datos que identificaron la falla y cuando se aproximó al punto de quiebre o falla total, monitorearlo en tiempo real.

Este artículo hace una revisión sistemática de literatura tiene como objetivo discutir los problemas del aprendizaje automático y el razonamiento para el mantenimiento predictivo, así como la recolección de datos para realizar la detección de anomalías, diagnóstico y aislamiento de fallas, y la estimación de la vida útil remanente.

(Zhai et al. 2021) La siniestralidad es alta en el mantenimiento de los trenes eléctricos en la mayoría de los casos es por errores humanos generalmente por la falta de sensibilidad a la percepción de riesgo la falta de actitud rigurosa hacia la seguridad y la falta de comportamiento seguro de la ciudadanía este artículo hizo una relación de actitud de seguridad que juega un papel mediador entre la percepción de riesgo del personal de mantenimiento y su comportamiento ciudadano seguro, para el personal con poco conocimiento de seguridad debió recibir capacitación y concientización del peligro que pudieran tener y las consecuencias hacia la ciudadanía, la empresa

(Garramiola et al. 2020) En su estudio para la detección del sensor híbrido de tensión corriente del tren indicaron la tendencia del mantenimiento preventivo, correctivo al mantenimiento basado en la condición establecido en el ISO 13374, el cual comparó la detección y diagnóstico temprana de la falla de la gravedad que pudo tomar decisiones de intervención contra el método antiguo de detección y aislamiento de la falla. El mantenimiento basado en la condición reduce costos de mantenimiento en sistemas ferroviarios ya que evita fallas en la línea con pasajeros evitando multas, retrasos, confiabilidad en la operación de trenes. En el estudio del sensor híbrido tensión corriente se simuló los parámetros de falla sobre tensión, corriente de

tracción plena carga vacío entre otras en el observador de modo deslizante se detectó y aísla la falla también indico la gravedad para poder tomar acciones de tiempo de cambio mantenimiento y no solo cambiarlo cuando falle el sensor.

(Tian, Wang 2022) Para mejorar el mantenimiento preventivo propuso un equilibrio entre el operador de trenes que siempre quiso garantizar el servicio tener la máxima disponibilidad de trenes y el departamento de mantenimiento que siempre está buscando reducir costos para ello propuso la toma de decisión del mantenimiento preventivo basado en un modelo de juego tasa de falla, factor de memoria y se combinó con la ley de atenuación dinámica de un tren eléctrico subterráneo todo esto se evaluó con los costos de penalizaciones el equilibrio de operador y mantenimiento se resolvió con un algoritmo de enjambre de partículas.

(Lin 2021)Expresa para ferrocarriles de alta velocidad en China, el número de trenes eléctricos de unidades múltiples (EMU) en operación ha aumentado con el tiempo. A finales de 2019, el kilometraje operativo total del ferrocarril de alta velocidad de China alcanzó más de 35,000 km, que es servido por más de 3500 trenes EMU (estándar). Para ello se requirió para los mantenimientos en un tren EMU, si su kilometraje acumulado o tiempo de operación alcanzo un cierto número prescrito. Para mejorar aún más el servicio de las organizaciones de transporte ferroviario de alta velocidad garantizando al mismo tiempo la seguridad, el problema de mejorar la gestión de los trenes de la EMU, como la asignación de trenes y la programación del mantenimiento, se estuvo convirtiendo en un foco de atención para los operadores de transporte ferroviario.

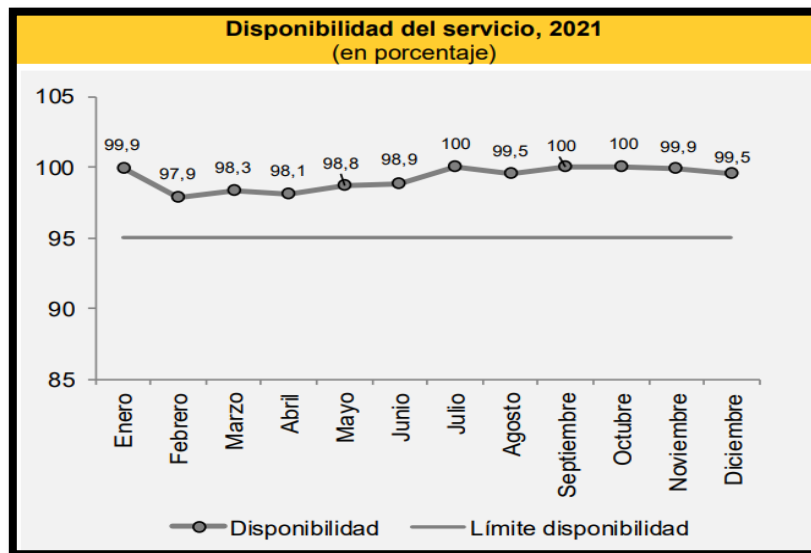
A nivel nacional, según (MTC, 2018) expreso que en el Perú existen 1906,6 Km de longitud de líneas férreas, contando con 8 trenes a nivel nacional, los cuales representaron un uso continuo a razón de la demanda presente en el país referente a la temática de transporte tanto de carga como de individuos. Ante ello se evidenciaron que en algunos casos el tren es esforzado hasta llego a presentar una avería considerable, dejando de lado el mantenimiento a estos.

De manera específica en la ciudad de Lima en donde (ositran,2021) expreso que en Lima se encuentra el tren de la Línea 1, el cual estableció ser un cambio en las modalidades de transporte, en donde expreso haber aportado a La línea 1 una adquisición de 19 trenes Alstom de fabricación francesa en el 2014 , en el 2017 se incrementó a 20 trenes más debido a la gran demanda ,teniendo en total 39 trenes Alstom y 5 Ansaldo todos de 6 coches pudiendo transportar 1200 pasajeros por tren

la frecuencia de tren a tren es de 3 minutos llegando a transportar más de medio millón de pasajeros por día en la estación del distrito de Villa el Salvador hasta Bayóvar San Juan de Lurigancho ver anexo Figura 13 y 14. (Línea 1, 2019) un total, de 26 estaciones con 34,4 Km, aliviando el transporte de pasajeros de la zona sur al centro de lima y zona noroeste san juan de Lurigancho. Línea 1 informe de sostenibilidad 2020.

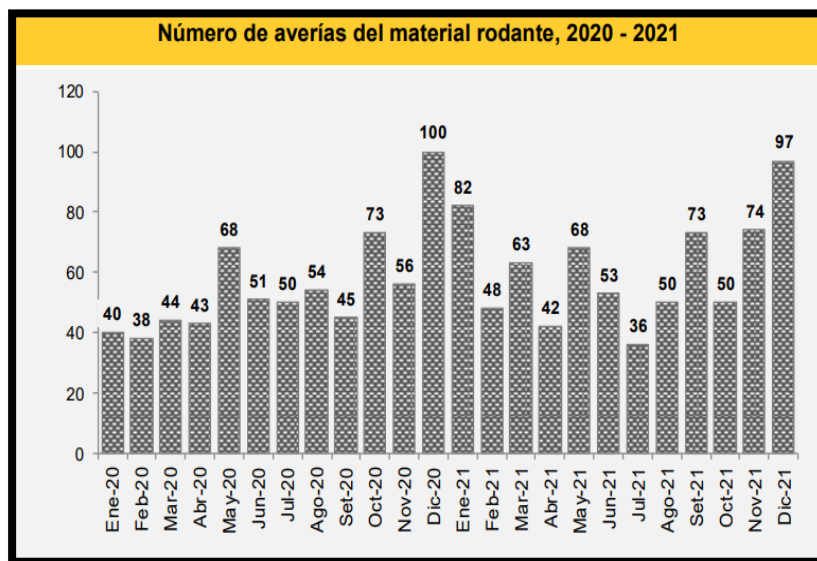
De acuerdo al informe técnico de línea 1 del año 2021 se hizo un resumen donde se va a apreciar en la siguiente figura 1 y 2, la disponibilidad y número de fallas del tren eléctrico (material rodante) ocurrido en cada mes y el estándar mínimo establecido en el Contrato de Concesión de 95%.

Figura 1  
Disponibilidad de servicio



Fuente: Tren Urbano de Lima S.A. Línea 1

Figura 2  
Numero de fallas del tren Línea 1



Fuente: Tren Urbano de Lima S.A. Línea 1

Por lo tanto, el propósito de esta investigación es proponer el diseño e implementación de un mantenimiento preventivo, enfocándonos específicamente en los trenes de la Línea 2.

Los trenes de la línea 1 transportan a diario a más de medio millón de pasajeros ver Figura 13, representando que su uso es considerable, ante ello se evidencia la presencia de la proactividad relacionada al mantenimiento de los trenes encontrados en la línea 1 dejando en evidencia la posible presencia de imperfectos que muchas veces pueden retrasar el servicio o paralizar la circulación ocasionando demoras en el servicio y las penalidades correspondientes.

Ante ello el desarrollo de la investigación se justificó de manera teórica práctica con la finalidad de crear una conciencia y aporte a la data ya existente sobre el uso de las rubricas y el contenido ya establecido, permitiendo el desarrollo de un pensamiento de manera proactiva ante el uso de medios de movilización que tiene contacto directo con individuos, en donde se deben de garantizar la confiabilidad del medio de transporte. Permitiendo garantizar la viabilidad orientada al pleno funcionamiento de la máquina. (Línea 2 ,2022) Ante esta solución también se inician las obras de la línea 2 en el 2014 que irá desde Ate Vitarte centro de lima y el Callao vía subterránea y con trenes automatizados sin conductor, Actualmente se tiene 35



trenes de la marca Hitachi y este 2022 se pretende operar una primera etapa 1A de 5 estaciones desde la estación 24 mercado Santa Anita hasta la estación 20 estación puente evitamiento. Ver anexo. Figura 15 Estaciones y talleres de reparaciones etapa 1A.

Para este tipo de operación de la línea 2 se requieren de pruebas por parte del operador y fabricante, así como la supervisión, por tanto, se requiere de un mantenimiento preventivo correctivo para mantener a punto los trenes y garantizar una confiabilidad, disponibilidad y sobre todo la seguridad ya que cada tren llega a transportar 1200 pasajeros.

Ante ello se desarrolla la formulación de una interrogante que se establece como Pregunta general:

PG: ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?

Se realizan las preguntas específicas:

Problema específico

P.E1 ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?

P.E2 ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?

Dada la interrogante se procede a establecer un objeto primordial del desarrollo del estudio, expresado en:

Objetivo General

O.G Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022

Por consiguiente, se establecieron objetivos específicos, los cuales son:

Objetivo específico

O.E1. Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022

O-E2: Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022

#### Hipótesis General

H.G: la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, incrementa la confiabilidad de los trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

#### Hipótesis específico

H.E.1: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022

HE2: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022

## II.MARCO TEÓRICO

En la presente investigación citamos a nivel internacional, iniciando con el autor Jimenes (2017), basado en su investigación del plan de mantenimiento apoyado en la confiabilidad de bunchado en la industria de electro cables, formada en la universidad de Guayaquil, Ecuador; El propósito principal es identificar y desarrollar un programa de mantenimiento orientado en la confiabilidad. Dichos estudios son descriptivos; sus poblaciones y muestras son máquinas. Utilizaron pautas de observación de estilo Likert para la recopilación de datos. En resumen, debe: aplicar un plan de mantenimiento para disminuir los costos de mantenimiento, así como disminuir el tiempo de inactividad por mantenimiento no planificado, lo que permite aumentar la productividad, reducir los desperdicios y optimizar el mantenimiento de los recursos.

Valsdher (2016), la tesis en mención de Gestión de mantenimiento enfatizado basado en confiabilidad de una máquina para la industria papelera desarrollado en Nicaragua, Universidad de Carabobo. Su principal objetivo es planteado por los Autores para desarrollar un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad de máquinas de papeles en Venezuela. El tipo de investigación es descriptivo y diseño no experimental; tanto la población como la muestra son los equipos de papel. Para la recolección de información se utilizaron un registro de distinguidas, cuadros de revisiones bibliográficos y observaciones. Como terminación posee que: Gracias a la reorganización del plan de mantenimiento preventivo, que justificó la confiabilidad de los equipos, en 87% a 91%, esto figura el aumento en la confiabilidad del 4%; de igual representación del valor de mantenimiento posteriormente de adaptar el plan se afianzaron, se enunció un leve bajón y se observó por último una mejora al 5% en la obtención.

Guaitarilla (2019), De acuerdo el autor indica que dicha tesis su objetivo principal planteado por los autores es crear un programa de mantenimiento preventivo que se adecue a todas las máquinas que cuenta la organización. Dicha población es de 7 máquinas y utiliza el 100% de muestra. En conclusión, implementar un programa de mantenimiento preventivo demuestra que la tecnología es parte integral de cualquier tipo de negocio, analizando que el beneficio económico mensual del programa es de \$9.252.000 por el monto no cobrado por mantenimiento y la utilidad económica mensual esperada. del presupuesto es de \$9.252.000 a un costo de \$4.650.000, se utilizó una relación costo-beneficio para visualizar la factibilidad del

plan y el resultado fue de 1.93%, este dato confirma que la utilidad es doble del costo y la empresa se interesa en planificar y demostrar su aplicación de esta manera.

Raj, Bhushan, Kumar y Bokar (2018) En su investigación el objetivo principal fue desarrollar un sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria en planta; realizando un estudio de los indicadores tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparación (MTTR) El estudio es cuantitativo y se lleva a cabo con un diseño cuasi-experimental. La población y muestra es de 25 máquinas se tomó datos en un periodo de 24 meses. Los resultados indicaron un aumento de la disponibilidad, inicialmente se obtuvo un indicador de 90.0 % que aumento a 91.7 %. Esto se evidencia en los indicadores de tiempo promedio para las reparaciones (MTTR) fue de 3.45 a 1.46 horas. en el caso del tiempo promedio entre fallas (MTBF) antes fue de 211.63 minutos y después paso a 433.54 minutos en el promedio, Dado los resultados del mantenimiento se tiene una mejora en la disponibilidad.

(Tuan Huynh et al. 2020), Con el funcionamiento y tiempo de uso , la mayoría de las maquinas industriales sufren un deterioro gradual que se traducen en fallas aleatorias por lo tanto, las políticas de mantenimiento son vitales para mantener su operación a largo plazo a bajo costo el mantenimiento imperfecto basado en la condición demostró ser sobresaliente por dos razones La primera utiliza el avance de la tecnología para realizar el mantenimiento en el momento oportuno y la segunda el mantenimiento imperfecto, que restaura un sistema muy deteriorado a una condición entre tan bueno como nuevo y tan malo como viejo Uno de los objetivo es desarrollar un modelo de mantenimiento basado en la condición para sistemas en continuo deterioro sujetos a un tipo especial de reparaciones imperfectas dependientes del pasado, la literatura hace referencia a tres, el modelo en número, modelado virtual basado en la edad ,modelado basado en el nivel de deterioro cada uno con sus ventajas y desventajas al momento de aplicarse en la reparación .

Citamos a nivel nacional según García (2018), en su trabajo sobre gestión de mantenimiento preventivo de acuerdo al estudio el objetivo principal establecido por los autores es plantear un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar y lograr la confiabilidad de las máquinas involucradas durante el proceso de molienda de arroz. El estudio es aplicado y su proyecto es cuasiexperimental; como población es una muestra en 110 máquinas y 58 máquinas. Utilizaron pruebas previas y

posteriores para recopilar datos. En conclusión, la confiabilidad del equipo debe incrementarse mediante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, reducir su porcentaje de paradas no planificadas en un 8% y aumentar el tiempo medio entre fallas de 42 minutos a 62 minutos, además, la utilidad mensual es de S/ 2000 y ha aumentado la eficiencia a nivel mundial, es decir, 15%.

Trejo (2017), en la tesis realizada el principal objetivo identificado por los autores es evaluar cómo un programa de mantenimiento preventivo puede marcar la diferencia en el progreso de confiabilidad en las bombas de concreto. Es trabajo descriptivo y tiene un diseño no experimental; La población son 150 equipos y la muestra es 60. Utilizaron informes de revistas para recopilar datos. Los hallazgos fueron los siguientes:

El progreso en los planes de mantenimiento preventivo aumentó la confiabilidad en un 5 %, también redujeron las fallas en un 25 % y mejoraron la disponibilidad de 9 %;

En cuanto al tiempo medio entre fallas, se redujo en un 14,98 a 10,36 con la diferencia de 4,62, el tiempo medio a falla incremento a 6,42 a 10,43, con la diferencia considerable en 4,01, lo que indica que el tiempo de operación ha aumentado al igual que la confiabilidad.

Luna (2019). Describe en su tesis que tuvo como meta minimizar paradas de maquinaria, minimizar el desgaste de los equipos, la reducir los costos e incremento en la productividad, se aplicó un diseño de investigación preexperimental, se llegó a un diagnóstico de la criticidad de los equipos, alcanzando una confiabilidad del 94% de la maquinaria y equipos.

Caballero (2017) La presente tesis su objetivo fue verificar la relación de desgaste del mantenimiento de los parámetros establecidos críticos de operación de la chancadora primaria. Los métodos usados para la recopilación de datos fueron formatos y registros que se usaron durante la entrevista realizado a los especialistas y los documentos registrados a nivel de dureza de los materiales, El chancador primario tipo NT de la empresa minera Chinalco es la unidad en observación. Se obtuvieron los datos entre el desgaste de la máquina del mantenimiento y la velocidad angular del eje principal, temperatura de 14 de los mantenimientos, dureza de los minerales que ingresan y la operatividad eficiente de los equipos chancadores, por otro medio, además se determinó que no hay relación entre el espesor de las máquinas en mantenimientos y los parámetros establecidos de criticidad detectado en

el equipo chancador de la mina.

Mencionaremos a continuación las principales teorías relacionadas al tema con base en los datos utilizados anteriormente, conceptualizaremos los temas que se han desarrollado en este proyecto en relación con las variables utilizadas. Capture la teoría, los conceptos y los componentes relacionados para la viabilidad y la comprensión de la investigación.

Mantenimiento Preventivo.

Este mantenimiento incluye inspecciones periódicas del equipo, teniendo en cuenta el desgaste desigual de todas las partes del mecanismo, es necesario engranarlas para asegurar su correcto funcionamiento (cuartas,2008)

El mantenimiento preventivo se realiza utilizando procedimientos operativos (de propósito general y de lubricación) que anticipan la falla del equipo.

Tiene en cuenta acciones realizadas sobre dispositivos activos suspendidos (Manzini,2010)

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo se evidencia por varias ventajas en su uso. Se puede citar como:

1. Reduzca el tiempo perdido y el tiempo de inactividad no planificado.
2. Reduzca el costo de resarcimientos simples y fallas que ocurren antes del tiempo de desidia no planeado.
3. Reduzca las horas extra de los trabajadores de mantenimiento para realizar ajustes y reparaciones de rutina durante el tiempo de inactividad no planificado.
4. Identificar los equipos que incurren en mayores costos de mantenimiento. Esto puede indicar la necesidad de mantenimiento correctivo del equipo, mejor capacitación del operador o tiempo para reemplazar una máquina dañada.
5. Técnicos más seguros y mejor protección en el taller.
6. Conozca los costos de reparación por adelantado.
7. El mantenimiento preventivo es una oportunidad para someter costos, pero /estar en manos en gran medida del equipo al que se emplea dicho mantenimiento. Por modelo, el mantenimiento preventivo de motores eléctricos no siempre es posible en baja potencia.

Esta la teoría de los métodos conceptuales basados en el Instituto de Investigación es el mantenimiento preventivo según (Amable,2017) Esta es una actividad

de bienestar del equipo donde se espera que ciertos eventos o errores puedan interrumpir su funcionamiento normal, por lo que planifique establecer controles y solucionar algunas anomalías.

Como indicador, también tenemos inspecciones periódicas que nos muestran El mantenimiento preventivo es la práctica de realizar un sistema de control programado periódicamente de los activos fijos de la planta y de sus equipos con el fin de comprender la condición anormal de estos elementos que pueden causar paradas en la línea de producción o maquinaria, planta o equipo grave, y que es Las fábricas siempre realizan el mantenimiento adecuado para retrasar estos casos, realizando correcciones o reparaciones mientras las posibles fallas aún se encuentran en las etapas iniciales de desarrollo.

Las inspecciones periódicas suelen estar asociadas a un plan de mantenimiento, el cual se genera en función del equipo a trabajar, su criticidad en el sistema y la interacción específica producción mantenimiento para lograr el momento óptimo.

Requiere cierta experiencia previa de fallos para buscar síntomas, así como información de las recomendaciones del propio fabricante, que debe adaptarse al entorno en el que se encuentra el dispositivo. (Patton, 1995).

Como indicador, también tenemos inspecciones periódicas que nos muestran La Actividad sistemática de las revisiones periódicas se puede definir como comprobar, verificar y corregir antes de que se produzca un error. También se puede decir que las reparaciones se realizan mientras la máquina o el equipo de producción aún se encuentran dentro de los límites aceptables de seguridad, calidad y desgaste. (Rey,1996).

El mantenimiento preventivo a menudo involucra un plan de mantenimiento que se genera con base en el conocimiento del equipo para realizar el trabajo, su criticidad en el sistema y la interacción específica entre producción y mantenimiento para lograr una sincronización óptima. Se requiere mucha experiencia previa en fallas para buscar síntomas, así como información de las recomendaciones del propio fabricante, las cuales deben adaptarse al entorno en el que se encuentra el dispositivo. (Patton, 1995).

La operación sistemática de las inspecciones periódicas se puede definir como "comprobar, controlar y corregir" antes de que ocurra una falla. También se puede decir que las reparaciones se llevan a cabo mientras la máquina o el equipo de producción aún se encuentran dentro de los límites aceptables de seguridad,

calidad y desgaste. (Rey,1996).

En la teoría del índice de actividad de mantenimiento, los principales objetivos del mantenimiento preventivo son:

1. Garantizar la seguridad de las instalaciones para el personal, así como también los equipos y maquinaria.
2. Minimizar la gravedad de las fallas.
3. Tratar de evitar la parada productiva.
4. Bajar los costos que se derivan del mantenimiento, mejorando los recursos que tienen
5. tener los equipos en óptimas condiciones que sean seguros y productivos.
6. Prolongar el periodo útil de las instalaciones y maquinarias
7. Mejora continua de los procesos.

#### Alcance

En general, se recomienda el mantenimiento preventivo para todo el centro de trabajo porque se utilizará para hacer un seguimiento de todas sus reparaciones, incluso si hay algunas salas o equipos con regulaciones especiales y mantenimiento sub contratado.

No puede ocupar ningún cargo sin inspección y/o control. Todos los materiales de la empresa deben estar listados para ejecutar un plan de mantenimiento que responda las necesidades de la organización con la finalidad de obtener los mejores datos sobre la relación entre costos, mantenimiento y producción. (Olives R.,2003)

#### Diseño del plan de mantenimiento

El desarrollo del programa de reparación de una empresa comienza con la evaluación del alcance del programa y si las reparaciones serán realizadas por personal interno, externo o mixto. Depende de los recursos disponibles, así como de la estructura básica de la empresa. (Olives R.,2003)

Los puntos principales a tener en cuenta al ejecutar un plan de mantenimiento para un equipo o maquinaria son:

1. Recopilación, análisis y revisión de manuales de mantenimiento de



máquinas y equipos

2. Listado de máquinas por zona o sección.
3. Dotación de los recursos humanos en función de la estructura de la empresa y su productividad.
4. Diseño de cartillas de mantenimiento, con marcado de puntos de control e intervalos de control.
5. Actuación por puntos críticos.
6. Comprobar y actualizar.

#### Programas o fichas de mantenimiento

Son programas o mapas incluidos en el plan de mantenimiento de la empresa, herramientas de trabajo que modifican máquinas o instalaciones. (Olives R,2003)

El contenido y complejidad de estos programas depende del tipo de máquina a probar, los puntos a probar y los datos a obtener. El contenido básico de estas etiquetas es el siguiente:

1. Datos de identificación de la maquinaria a revisar.
2. Autorización del responsable.
3. Puntos de control y/o repuestos a cambiar según los procedimientos.
4. Lista de verificación (check list).
5. Referencias a repuestos específicos.
6. Tiempo dedicado a las tareas.
7. sección de observaciones.
8. Identificación y rubrica personal técnico que ha realizado la intervenido.

Las teorías de enfoque de esta siguiente variable tenemos a la Confiabilidad, para (Arata y Adolfo, 2014), viene a ser la probabilidad del normal funcionamiento y desempeño de la máquina, el respaldo del plan de mantenimiento continuo, el cual se sigue estrictamente porque no debe tener ningún tipo de falla y/o parada durante un determinado período de tiempo, en las reglas de condición y áreas de protocolo especificadas por el proveedor, porque se crean de acuerdo con el nivel de rendimiento esperado. La confiabilidad del equipo se mide por la regularidad de sus fallas o errores; Una maquina totalmente confiable es aquella que no tiene fallas, por el contrario, si la maquina tiene poca o ninguna confiabilidad seguirá fallando, lamentablemente algunas maquinas fallan incluso en buenas condiciones de operación, montaje, diseño, mantenimiento e instalación (Toro y Cespedes, 2013).

La confiabilidad es la posibilidad de sobrevivir de una tarea objetivo a lo largo del tiempo; por lo tanto, debe tener éxito la primera vez más largo que el período objetivo con la probabilidad deseada de la tarea; además, en el mantenimiento el desempeño se mide por la disponibilidad como indicador de la confiabilidad de la medición. En estos sistemas, el equipo o maquina debe estar en funcionamiento (disponible) en cualquier situación dada, independientemente de que haya sido precedido por una falla, lo que significa que, en caso de falla, el sistema puede mantenerse, por lo que el único problema es la frecuencia de las fallas y el periodo de inactividad. (Peyghami y Blaabjerg, 2019).

La confiabilidad

Es un concepto de la probabilidad para que una máquina realice bien su tarea funcional diseñada dentro de un período de tiempo específico, según lo especificado por su operación; La probabilidad viene a ser la operación matemática para que un evento aleatorio imprevisto afecte a la máquina.

Disponibilidad:

Es la probabilidad, en un futuro garantizar un bien o servicio solicitado teniendo en cuenta el mantenimiento preventivo y la paralización que esta genera. (González, 2005, p.67). por tanto, la disponibilidad es la ocasión de estar en óptimas condiciones para desarrollar su actividad en el momento de su ejecución. Según Alavedra et al. (2016) y Caballero y Clavero (2016) en la programación de un equipo no debe presentar averías o anomalías después de su reparación en un tiempo determinado por mantenimiento.

(Gastelu et al, 2013). Se refiere a la disponibilidad, que es una de las características de realizar un resumen de forma cuantitativa según el entorno funcional de dichos elementos. puede indicar que hay maneras de lograr esto; uno de ellos es preparar dispositivos extremadamente confiables, pero como resultado serán más costosos.

### III.METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación:

El tipo de investigación es de enfoque cuantitativo, se usaron datos de las variables encontradas de la data o paradas entre las fallas que fueron tomados en un periodo determinado, para verificar las hipótesis planteadas se empleó el análisis estadístico, con la finalidad de demostrar la relación causal entre los indicadores.

La investigación se consideró de tipo aplicada, porque va a resolver un problema de la vida social en el transporte público de pasajeros de Lima, del tramo de la segunda etapa 1A subterráneo de Ate hasta Santa Anita.

##### 3.1.2 Diseño de investigación:

El diseño de la investigación fue pre experimental, porque se indagó, se observó, revisión de documentos respecto a los mantenimientos que realizaron al tren eléctrico y eventos anteriores al estudio para conocer la operatividad en vinculo a la confiabilidad del tren automatizado sin conductor, el antes y posterior de aplicar el plan de mantenimiento preventivo del tren eléctrico de la línea 2.

El mantenimiento de los equipos ferroviarios tal como se dan en el contexto natural, situaciones ya existentes el fabricante Hitachi tiene su plan maestro de mantenimiento de cartillas y formatos que los técnicos ejecutan. La intervención de las variables será mínima.

El alcance de la investigación es correlacional porque tiene relación el mantenimiento y la confiabilidad.

#### 3.2. Variables y operacionalización

La presente investigación tiene las siguientes variables

Variable Independiente 1:

Plan de mantenimiento preventivo

- Definición conceptual:

Es una determinada tarea que garantice el buen funcionamiento de los trenes automatizados, por lo tanto, será aplicado para prevenir alguna falla posterior y que afecte su operatividad, con un planteamiento que garantice los controles y descartar posibles fallas.

- Definición Operacional:

Es el conjunto de actividades que se realizan para prever fallas en los trenes automatizados, con el fin de cumplir con una buena disponibilidad y confiabilidad.

- Indicadores:
  - Porcentaje Total de inspecciones periódicas.
  - Porcentaje de actividades de mantenimiento.

Variable Dependiente 2:

Confiabilidad

- Definición conceptual:  
Es una relación que incluye la producción en relación con los recursos utilizados. Es decir, unidades de producción producidas por un recurso utilizado. Mejora efectiva de la capacidad productiva de las organizaciones. (Venegas, 2015)

- Definición Operacional:

Es la confianza que se tiene en los trenes automatizados, es decir, la probabilidad de que no ocurra una falla y pueda trabajar sin ningún problema en un periodo de tiempo.

- Indicadores:  
como indicadores se tiene:
  - Disponibilidad
  - Confiabilidad operacional
- Escala de medición:
  - Tiempo
  - Número de actividades

3.2.1 Dimensiones de la Variable Independiente:

Inspecciones periódicas

Es una actividad que consistió en examinar las observaciones directas a los diferentes componentes del tren eléctrico y procesos en el transcurso regular de tiempo, con este método se pudo identificar los elementos de riesgos en los trenes automatizados para examinarlos y decidir por las mejores opciones preventivas.

Actividades de Mantenimiento

En las actividades de mantenimiento se realizó tareas preventivas de los diferentes equipos componentes y accesorios que tiene el tren eléctrico, como el aire acondicionado, sistema de frenado, tracción, puertas de ingreso, iluminación entre otros. Para el buen desempeño del tren automatizado sin conductor de la Línea 2 Metro de Lima.

### 3.2.2 Dimensiones de la Variable Dependiente

#### Disponibilidad

Este indicador evalúa la funcionalidad en un tiempo determinado, tomando en cuenta los criterios de confiabilidad; requiere la completa disponibilidad del dispositivo y/o de los trenes automatizados para que su funcionamiento sea el mismo debido a medidas de seguridad similares, es imposible tolerar paradas innecesarias de los trenes, lo que ocasiona pérdidas y tiempos no productivos para la empresa

#### Confiabilidad Operacional

Es un instrumento que evalúa los datos registrados de la organización que está a cargo del mantenimiento preventivo de la Línea 2 de los trenes automatizados. Los datos han sido tal cual para no alterar al momento de obtener los resultados.

También es un método que nos sirve para organizar y desarrollar programas, elaborando una estrategia adecuada para el plan de mantenimiento del tren eléctrico.

Tabla 1. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variable Independiente	Definición de concepto	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Plan de mantenimiento preventivo	Es una determinada tarea que asegura el buen funcionamiento de los trenes automatizados el cual se aplica para prevenir alguna falla posterior y que afecte su operatividad, con una planificación garantizando su control y la eliminación de posibles fallas. (Amable, 2017)	Es el conjunto de actividades que se realizan para prever fallas en los trenes automatizados, con el fin de cumplir con una buena disponibilidad y confiabilidad.	Inspecciones periódicas	$TI = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Inspecciones Corregidas}}{\text{N}^\circ \text{ de Inspecciones Programadas}}$ TI: Total de Inspecciones Periódicas	Razón
			Actividades de Mantenimiento	-Nº de actividades de mantenimiento correctivo. -Nº de actividades de mantenimiento totales.  $\% \text{ Cumplimiento de Act. Mant.} = \frac{\text{Act. del Mant. Ejec.}}{\text{Act. de Mant. Prog}}$	Razón
Variable Dependiente	Definición de concepto	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Confiabilidad	Es una relación que incluye la producción en relación con los recursos utilizados. Es decir, unidades de producción producidas por un recurso utilizado. "Mejora efectiva de la capacidad productiva de las organizaciones. (Venegas, 2015)	Es la confianza que se tiene en los trenes automatizados, es decir, la probabilidad de que no ocurra una falla y pueda trabajar sin ningún problema en un periodo de tiempo.	Disponibilidad	N° de horas totales N° de horas de parada  $D = \frac{HTO - HP}{HTO}$	Razón
			Confiabilidad operacional	N° del tiempo medio entre fallas N° del tiempo medio para reparaciones  $C = \frac{TMEF}{TMPR + TMEF}$	Razón

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población.

En las instalaciones del tren eléctrico patio taller de Santa Anita se cuenta con 35 trenes, solo operaran 5 trenes identificados y acondicionados para la etapa 1A esta fue la población.

Tabla 2. Trenes que conforman la población

Trenes GoA4	Cantidad
Tren GoA4 n° 14	1
Tren GoA4 n° 26	1
Tren GoA4 n° 27	1
Tren GoA4 n° 28	1
Tren GoA4 n° 29	1
Total	5

#### 3.3.2 Muestra.

la muestra es no probabilística por conveniencia ya que se tiene identificado a los 5 trenes que circularan en la etapa 1A como muestra se tomaron los 5 trenes que iniciaron las pruebas de funcionamiento en vacío y con pasajeros de la etapa 1 A.

Los participantes del estudio fueron un coordinador de mantenimiento, un ingeniero profesional con 5 años de experiencia en mantenimiento de trenes, un supervisor de mantenimiento, 10 Técnicos electromecánico ferroviarios con 5 años de experiencia un prevencionista en mantenimiento PDR con años de experiencia ferroviaria. Los métodos empleados para la recopilación de información fueron mediante las entrevistas, observaciones y revisiones de documentos.

#### 3.3.3 Muestreo.

Se consideró un muestreo no probabilístico por conveniencia porque fue seleccionado la muestra en base a un análisis de criticidad de fallas en los trenes eléctricos, también

se tiene identificado a los 5 trenes automatizados que circularan en la etapa 1A.

Cálculo de la muestra:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población Trenes =5

Z = Nivel de confianza al 95 %

p = Proporción de éxito = 50%

q = 1-p

e = Error de estimación = 5%

Fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N-1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{5 * (1,96 * 1,96) * 0,5 * 0,5}{(0,05 * 0,05) * (5-1) + ((1,96 * 1,96) * 0,5 * 0,5)}$$

$$4.802 / 0,9704$$

$$4.802 / 0,9704$$

Por lo tanto, la muestra será 5 n = 4,9484

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos:

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variables	Técnicas / Herramientas	Instrumentos	Fuente
Plan de mantenimiento preventivo	Observación directa	Cumplimiento de actividades y tiempos programados	Encargado del área de mantenimiento
	Recolección documentaria	Cartillas de mantenimiento preventivo	Técnicos, mecánicos y especialistas en mantenimiento preventivo de trenes.
Confiabilidad	Análisis documentario	Reporte diario, informe técnico	Encargado del área de mantenimiento

Para la recolección de datos se usó las siguientes técnicas:



Observación de los distintos mantenimientos preventivos que se realizaron a los componentes del tren eléctrico como motores de tracción, pantógrafo, aire acondicionado, sistema de frenos, alarma contra incendio, convertidores estáticos entre otros. Figura 18: Componentes principales del tren eléctrico Línea 2 Metro Lima

Análisis documental se revisaron las cartillas de mantenimiento que se usan en el mantenimiento preventivo de los trenes de la etapa 1 A trenes 14, 26,27,28,29 de 1mes, 2 meses,3 meses,4 meses,6 meses y 1 año. Figura 19 y 20

También se usaron la encuesta que se realizaron a los especialistas en el mantenimiento preventivo, usamos la escala de:

Likert que cuenta con 5 niveles:

1=siempre	2= casi siempre	3=A veces	4=casi nunca	5=nunca
-----------	-----------------	-----------	--------------	---------

### 3.5.Procedimientos

El análisis que se hace en primera lugar es la recopilación de datos mediante el método de observación a la variable independiente, en la ejecución del plan de mantenimiento preventivo de los trenes automatizados.

Luego se usó la estadística descriptiva, el cual permitió determinar los parámetros como la media y moda, además se elaboró la tabla de frecuencias e histogramas, se realizó con el software SPSS.

También se utilizó las fórmulas para obtener datos de mantenimiento de los trenes eléctricos de un antes y un después al aplicar el plan de mantenimiento.

Se plasmaron los resultados de acuerdo a los objetivos, la hipótesis y con ayuda del instrumento, para poder finalmente realizar las conclusiones y recomendaciones

Propuesta y diseño del plan de mantenimiento preventivo fue:

- 1.-Se analizaron los manuales de mantenimiento de los componentes críticos del tren eléctrico.
- 2.-Se identifico los componentes críticos como Pantógrafo, motores, frenos, sistema de comunicación y automatismo que puedan poner en riesgo la operación y seguridad de los pasajeros.
- 3.-Capacitación a los técnicos en nuevos sistemas de mantenimiento preventivo, correctivo del tren automatizado sin conductor.
- 4.-Optimización de tareas de mantenimiento con energía eléctrica, sin energía

eléctrica. techo, bajo bastidor y coches. El tren mide 100 metros aproximadamente si se obviara una tarea habría que recorrer esa distancia lo que implica más tiempo

5.-Para la ejecución de los mantenimientos los materiales y accesorios deben ser proporcionados por el almacén oportunamente planificado antes de cada turno.

Para el mantenimiento preventivo del tren se usan los siguientes equipos:

Ver Figura: 17

-llenador de agua de batería

-Montacarga bajar equipos pesados

-Locomotoras eléctrica movimiento de trenes

-Equipo medidor por láser para medir ruedas

-Software de mantenimiento de los diferentes equipos (tracción, freno, aire acondicionado, puertas, sistema contra incendio, comunicación y otros)

-Analizador de tensión y corriente

6.-Aplicación de la propuesta del plan de mantenimiento con mejoras.

Para el mantenimiento preventivo se realiza por tiempo meses según la cartilla del fabricante de trenes por técnicos especializados en mecánica electricidad y electrónica en el taller de material rodante sin energía eléctrica y pruebas de diferentes equipos con energía eléctrica con los procedimientos e instructivos que el fabricante recomienda tanto para la seguridad operativa como la del personal técnico.

7.-Resultados.

Para la ejecución los técnicos realizan las tareas de mantenimiento según la cartilla del fabricante ejecutando en tres niveles del tren. El techo, interior del tren de los coches y equipos bajo bastidor.

Los técnicos realizan las tareas con las nuevas propuestas de optimización y aplicando la capacitación por los fabricantes de trenes en las tareas simplificadas obteniendo buenos resultados, reducción de tiempos mejora de habilidades técnicas.

Ejecución del plan de mantenimiento mensual del tren.

Para la realización del mantenimiento Mensual se necesita 2 técnicos (mecánicos, eléctricos, electrónicos), los cuales serán designados como T1, T2,

Actividades con tren energizado con 1500 voltios

Fase 1:

1.-Pruebas de operatividad ambas cabinas del tren (T1) señales digitales de funcionamiento de equipos en la Pantalla Táctil operacional (TOP) como freno de estacionamiento emergencia, interruptor extrarápido (IR), Aire acondicionado (HVAC), compresor de aire principal, convertidores auxiliares media y baja tensión, puertas otros.

2.-Revisión de actividades de coches interior (T2)

T2 revisan lo siguiente:

- Ventanas
- Revestimiento interior
- Extintores
- Asientos pasajeros
- Pictogramas
- Pisos
- Asideros
- Techo rejillas
- Estribos de puertas
- Pasillo de Intercirculación

T2 y T1

- Lubricador de pestaña
- Equipo de climatización funcionamiento
- Iluminación interior y exterior
- Actividades de pantalla anuncios a pasajeros (PID)
- Abrir las tapas de las puertas y revisar componentes.

Actividades con tren desenergizado

Fase 2:

T1, T2, revisan lo siguiente

- Actividades bajo bastidor son:
- Acoplador semipermanente
- Areneros
- Conjunto bogíes
- Fijaciones-marcas par de apriete general
- Conectores eléctricos general
- Precintos de seguridad general
- Depósitos de aire mangueras equipos neumáticos verificación de fugas
- Revisión de fugas panel de freno, pantógrafo.
- Limpieza de filtros del aire acondicionado

Fase 3.

Prueba de salida T2 habilitación del tren con 1500 voltios equipos operativos.

## Ejecución del plan de mantenimiento bimensual del tren

Para la realización del mantenimiento Bimensual se necesita 2 técnicos (mecánicos, eléctricos, electrónicos), los cuales serán designados como T1, T2,

Actividades con habilitado tren energizado con 1500 voltios

Fase 1:

1.-Pruebas de operatividad ambas cabinas (T1) del tren señales digitales de funcionamiento de equipos en la Pantalla Táctil operacional (TOP) como freno de estacionamiento emergencia, interruptor extrarápido (IR), Aire acondicionado (HVAC), compresor de aire principal, convertidores auxiliares media y baja tensión, puertas otros.

2.-Revisión de actividades de coches interior (T2)

T2 revisan lo siguiente:

- Ventanas
- Revestimiento interior
- Extintores
- Asientos pasajeros
- Pictogramas, actividades de pantalla anuncios a pasajeros (PID)
- Pisos
- Asideros
- Techo rejillas
- Estribos de puertas
- Pasillo de intercirculación

T2 y T1

- Lubricador de pestaña
- Equipo de climatización funcionamiento
- Iluminación interior y exterior

Actividades con tren desenergizado

Fase 2:

T1, T2, revisan lo siguiente

- Actividades bajo bastidor T1-T2 estas son:
- Acoplador automático
- Conjunto de pasadizo de intercomunicación acoplador semipermanente
- Lubricador de pestaña reposición grasa
- Suspensión primaria y secundaria
- Fijaciones-marcas par de apriete general
- Conectores eléctricos general

- Mangueras de aire compresores, suspensiones, frenos verificación de fugas de aire
- Revisión niveles de aceite compresores principal, auxiliar
- Revisión, lubricación pantógrafos.

### **Fase 3**

Prueba de salida T2 habilitación del tren con 1500 voltios equipos operativos.

Tabla 4: Cronograma de actividades para llevar a cabo el mantenimiento preventivo

ITEM	AÑO 2022			MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO					JULIO					AGOSTO				
	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FECHA		Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	May	May	May	May	May	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago
		INICIO	TERMINO																														
1	Se analizaron los manuales de mantenimiento de los componentes críticos del tren eléctrico	03/03/2022	25/03/2022	X	X	X	X	X																									
2	Se identifico los componentes críticos como Pantógrafo, motores, frenos, sistema de comunicación y automatismo que puedan poner en riesgo la operación y seguridad de los pasajeros.	02/04/2022	28/04/2022						X	X	X	X	X																				
3	Capacitación a los técnicos en nuevos sistemas de mantenimiento preventivo, correctivo del tren automatizado sin conductor.	02/05/2022	30/05/2022											X	X	X	X	X															
4	Optimización de tareas de mantenimiento con energía eléctrica, sin energía eléctrica techo, bajo bastidor y coches. El tren mide 100 metros aproximadamente si se obviara una tarea habría que recorrer esa distancia lo que implica más tiempo.	03/06/2022	28/06/2022																X	X	X	X	X										
5	Para la ejecución de los mantenimientos los materiales y accesorios deben ser proporcionados por el almacén oportunamente planificado antes de cada turno	01/07/2022	25/07/2022																					X	X	X	X	X					
6	Aplicación de la propuesta del plan de mantenimiento con mejoras	02/08/2022	24/08/2022																										X	X	X	X	X
7	Resultados.	25/08/2022	30/08/2022																										X	X	X	X	X

Para nuestro indicador de inspecciones se revisó la documentación de las cartillas del mantenimiento preventivo de los trenes de la etapa 1A mensual, bimensual, trimestral, cuatrimestral, semestral y de un año. así como el reporte de las horas hombre.

Tabla 5. Mantenimiento por meses

1	2	3	4	5	6
Mensual	Bimensual	Trimestral	Cuatro meses	Mensual	Semestral
18 horas/h	62 horas/h	34 horas/h	65 horas/h	18 horas/h	109 horas /h
7	8	9	10	11	12
Mensual	Cuatro meses	trimestral	Bimensual	Mensual	Anual
18 horas/h	65 horas /h	34 horas /h	65 horas /h	18 horas /h	135 horas /h

#### Cartilla de mantenimiento mensual

##### Inspecciones:

1. Iluminación faros externos blancos y rojos ambos extremos, tarea MLI-01-MP002
2. Silbato o claxon, tarea MLI-07-MP001
3. Acoplador semipermanente, tarea V\_H2014\_186\_REVD00 9.3.
4. Unidad de arenado, tarea ML-14-PM-102.
5. Puertas tarea DDRLE20648E01 6.3/6.4/6.5
6. Aire acondicionado, tarea KC48 - 5.5.5.

-Las tareas indica los procedimientos y materiales que se usa en el mantenimiento

-Este mantenimiento corresponde a un turno de 8 horas.

#### Cartilla de mantenimiento bimensual

##### Inspecciones:

1. Iluminación faros externos blancos y rojos ambos extremos, tarea MLI-01-MP002

2. Lubricador de pestaña de rueda rellenar si fuera necesario, tarea MLI-01-MP003, MLI-01-MP004
3. Conjunto de pasadizo de intercomunicación, tarea MLI-01-MP005, MLI-01-MP006, MLI-01-MP007, MLI-01-MP008, MLI-01-MP009.
4. Suspensión primaria, tarea MLI-02-MP007, MLI-02-MP036.
5. Suspensión secundaria, tarea MLI-02-MP008, MLI-02-MP037
6. Pantógrafo, tarea MLI-03-MP001.
7. Silbato o claxon tarea MLI-07-MP001
8. Interior tren mobiliario luces tarea MLI-08-MP001, MLI-08-MP002, MLI-08-MP003
9. Unidad de arenado tarea ML-14-PM-102
10. Mangas A01.05, A02 tarea ML-14-PM-014, Mangas B23, B24, B25, B26, B27, B28 tarea ML-14-PM-026, Manga L08, L12 tarea ML-14-PM-056, Manga U02, U08 tarea ML-14-PM-070
11. Hose pipes C19, C20, C21 tarea ML-14-PM-045
12. Puertas acceso al tren tarea DDRLE20648E01 6.3/6.4/6.5.
13. Aire acondicionado tarea KC48 - 5.5.5.
  - Total, de horas programadas 62 horas/hombre.
  - Actividades de mantenimiento 42

#### Cartilla de Mantenimiento Trimestral

Total de horas programadas 34 horas/hombre

Actividades de mantenimiento 10

#### Cartilla de Mantenimiento Cuatrimestral

Total de horas programadas 65 horas/hombre

Actividades de mantenimiento 37

#### Cartilla de Mantenimiento Semestral

Total de horas programadas 109,5 horas/hombre

Actividades de mantenimiento 40

#### Cartilla de Mantenimiento Anual



Total de horas programadas 272 horas/hombre

Actividades de mantenimiento 128

Fallas encontradas en las inspecciones.

Cable de motor de tracción rozando con brida perdida aislamiento Tren 26  
cocheS1 Figura: 24 (ver anexo)

Protector cable de alta tensión Tracción Tren 26 Coche S2 Figura: 25 (ver anexo)

Aislador resistencia de frenado Tren 29 coche M1 Figura: 26 (ver anexo)

Encuesta

Instrucciones: La encuesta mencionada va dirigida al personal del área de mantenimiento, con el fin de adquirir información sobre la calidad de un mantenimiento preventivo, correctivo en los trenes automatizados en la Línea 2 Metro de Lima de un total de 08 preguntas. Por lo que, esta encuesta es de manera anónimo.

Marca con una X en cada recuadro de los 5 niveles de las preguntas en cada ítem y asignar un valor o puntaje:

Tipo de escala de Likert.

1	2	3	4	5
Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca

Tabla 6. Encuesta

ITEM	PREGUNTAS	PUNTUACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	¿Los técnicos realizan las inspecciones programadas y son corregidas las observaciones?					
2	¿La empresa cuenta con los técnicos ferroviarios suficientes para la actividad?					
3	¿La empresa cuenta con los equipos y herramientas adecuados para el mantenimiento del tren eléctrico?					

4	¿Realizan el llenado correcto de las cartillas de mantenimiento de los trenes eléctricos?							
5	¿Tiene la empresa equipos y maquinaria para reparaciones especializadas para el área de mantenimiento del tren?							
6	¿Las fallas de los trenes son reportados y atendidos inmediatamente por los técnicos de mantenimiento?							
7	¿La empresa cumple con las reparaciones en el tiempo programado?							
8	¿Los técnicos de mantenimiento están capacitados para las reparaciones de los trenes de la empresa?							

Tabla 7. Encuesta del mantenimiento del tren línea 2

Técnico Mantto L2	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Suma
Tec mecánico 1	2	2	2	1	2	2	2	1	14
Tec mecánico 2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Tec mecánico 3	2	1	1	1	2	1	1	1	10
Tec electric 4	1	2	2	2	2	1	1	2	13
Tec electric 5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Tec electric 6	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Tec electric 7	1	2	1	1	2	2	2	1	12
Tec electron 8	1	2	2	2	2	2	2	2	15
Tec electron 9	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Tec electron 10	1	2	1	2	2	1	2	1	12
Varianza	0,16	0,25	0,21	0,21	0,24	0,21	0,24	0,16	15,785
Sumatoria varianza	1,68								
Varianza suma de los ítems	15,785								

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

$\alpha$	Coficiente de confiabilidad del cuestionario	1,021
----------	--	-------

K	Numero de ítems del instrumento	8
$\sum S_i^2$	Sumatoria de las varianzas de los ítems	1,680
$S_t^2$	Varianza total del instrumento	15,785

RANGO	CONFIABILIDAD
0,53 a menos	Confiabilidad nula
1	Confiabilidad perfecta

Ver anexo. Figura 16.

Encuesta desarrollada en Google formulario

### 3.6. Métodos de análisis de datos

Para realizar el estudio de la documentación se examinaron en un programa de Excel, donde fueron ordenados la información obtenidos de los trenes automatizados de la Línea y luego con el otro programa de SPSS se ordenan los datos para conseguir las tablas que fueron de gran ayuda para el avance de la investigación.

También se toma en cuenta el análisis de criticidad que se lleva a cabo a partir de la evaluación, observación e inspecciones periódicas de los trenes automatizados, mediante los reportes y cartillas de mantenimiento del tren, que fueron examinados las horas de labores diarias y paradas ocasionadas por desperfectos o mantenimientos preventivos con la finalidad de conseguir información que puedan aumentar al estudio y poder lograr los objetivos.

Secuencia de los objetivos:

Tabla 8. Métodos e instrumentos de análisis de datos

OBJETIVO	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022	Análisis de datos	Cronograma de actividades del plan de mantenimiento, durante un mes y repetir la aplicación en el periodo	Se analizó al finalizar la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y evaluar el nivel de efectividad en la confiabilidad de la del tren eléctrico

<p>Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022</p>	<p>Análisis de datos</p>	<p>Cronograma de actividades para llevar a cabo el mantenimiento preventivo</p>	<p>Determinó la cantidad actividades a realizar para que el mantenimiento preventivo sea efectivo en la confiabilidad en los trenes</p>
		<p>Cartillas de mantenimiento preventivo del tren eléctrico</p>	
		<p>-Inspecciones periódicas -Actividades de Mantenimiento Horas de Mantenimiento</p>	

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1. Estadística descriptiva

En el proyecto de investigación de las variables se usó la estadística descriptiva como método para el estudio de los datos conseguidos mediante nuestro instrumento (recolección de datos a través de cartillas de mantenimiento y reportes de las horas hombres).

Se observó las variables de la muestra de estudio utilizando los datos obtenidos como la media, la mediana, el rango, varianza, moda y desviación estándar

### 3.6.2. Estadística inferencial

Se realizará la contrastación de la hipótesis con los datos obtenidos de los promedios, así como el nivel de la significancia. Se examinó la información por el programa software SPSS para el desarrollo de la información de los datos.

### 3.7. Aspectos éticos

Los encuestados son informados respecto del trabajo que se realiza sobre las mejoras para el mantenimiento preventivo que garantiza la confiabilidad operacional y se respetará su privacidad si así lo requieren, así como la información a las jefaturas correspondientes de la empresa.

El trabajo de investigación aplica principios y comportamientos aceptados utilizando los estándares de estilo de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) a las citas que corresponden al autor de las encuestas, marcos teóricos, contextos prácticos y problemáticos, así como lineamientos vigentes de la Universidad.

No existe copia de este trabajo de investigación, se ha respetado la siguiente información respetando los derechos de autor durante las etapas de investigación.

Los datos recopilados y los procedimientos de la empresa donde se realizó la encuesta son confidenciales. Asimismo, está sujeto al mínimo porcentaje requerido a través del programa software turnitin.

## IV.- RESULTADOS

### 4.1. Análisis estadístico descriptivo

#### 4.1.1. Análisis de la variable independiente

Tabla 9. Mantenimiento preventivo

Prueba	Meses	Nº Inspecciones programadas	Nº Inspecciones corregidas	% Total Inspecciones	Nº Actividades de mantenimiento programado	Actividades de mantenimiento ejecutado	%Cumplimiento de Activ de Mantenimiento
Antes	mar-22	132	10	9,80%	225	194	86%
	abr-22	78	6	11,80%	105	89	85%
	may-22	123	9	11,50%	230	207	90%
Después	jun-22	85	5	6,90%	196	186	95%
	jul-22	150	11	6,40%	223	218	98%
	ago-22	104	8	6,30%	196	192	98%

Figura 3.

#### Cumplimiento de inspecciones

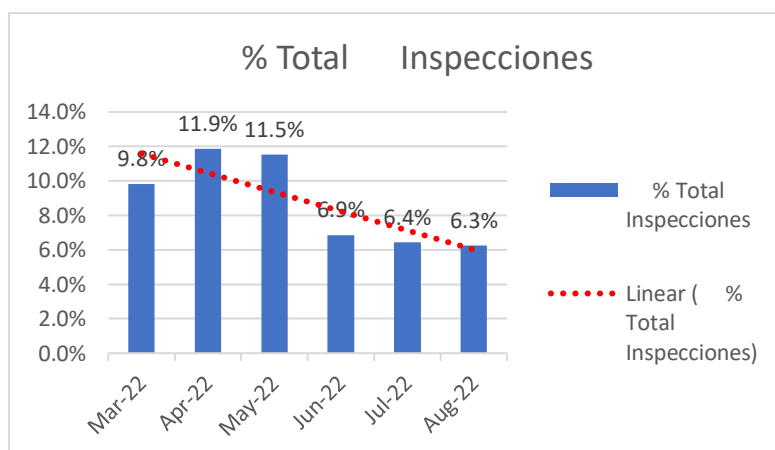


Figura 4.

#### Actividades de mantenimiento

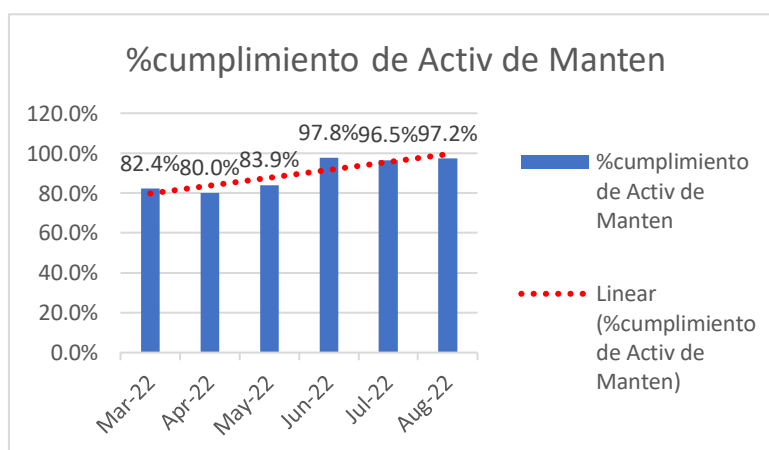


Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la variable independiente

N	Inspecciones				Actividades Mantto	
		Antes	Después	Antes	Después	
	Válidos	15	15	15	15	
	Perdidos	15	15	15	15	
Media		,1113	,0467	,8207	,9720	
Mediana		,1200	0,0000	,8800	,9800	
Moda		,17	0,00	,88	1,00	
Desv. típ.		,05357	,05164	,09852	,03858	
Varianza		,003	,003	,010	,001	
Rango		,17	,10	,33	,12	
Mínimo		0,00	0,00	,60	,88	
Máximo		,17	,10	,93	1,00	

#### 4.1.2. Análisis de la variable dependiente

Tabla 11. Variable dependiente

Variable dependiente	Meses	Numero de Fallas	Tiempo por reparación horas (HP)	Tiempo total de prueba horas (HTO)	Disponibilidad = HTO-HP HTO	TMPR = Treparac N Fallas	TMEF = T operación N Fallas	Confiabilidad =TMEF TMEF+TMPR
Antes	mar-22	60	60	200	70%	1	3,33	77%
	abr-22	9	38	200	81%	4,22	22,22	84%
	may-22	16	36	200	82%	2,25	12,50	85%
Después	jun-22	5	18	200	91%	3,6	40,00	92%
	jul-22	7	8	200	96%	1,14	28,57	96%
	ago-22	2	2	200	99%	1	100,00	99%

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de la variable dependiente

N	Disponibilidad				Confiabilidad	
		Antes	Después	Antes	Después	
	Válidos	3	3	3	3	
	Perdidos	0	0	0	0	
Media		77,6667	95,3333	82,0000	95,6667	
Mediana		81,0000	96,0000	84,0000	96,0000	
Moda		70,00 <sup>a</sup>	91,00 <sup>a</sup>	77,00 <sup>a</sup>	92,00 <sup>a</sup>	
Desv. típ.		6,65833	4,04145	4,35890	3,51188	
Varianza		44,333	16,333	19,000	12,333	
Rango		12,00	8,00	8,00	7,00	
Mínimo		70,00	91,00	77,00	92,00	
Máximo		82,00	99,00	85,00	99,00	

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

## 4.2. Análisis estadístico inferencial

### 4.2.1. Prueba de normalidad

#### 4.2.1.1. Aplicación del mantenimiento preventivo – Variable independiente

Tabla 13. Prueba de normalidad de la variable independiente

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% inspecciones antes	0,17	15	,200 <sup>*</sup>	0,908	15	0,128
% inspecciones después	0,187	15	0,168	0,873	15	0,037

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Los datos muestrales del antes y después están conformados por 15 datos cada uno, será beneficioso emplear la prueba Shapiro – Wilk.

. Si el nivel de significancia es  $< 0.05$  se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ . En esta dimensión de la variable independiente en porcentaje de inspecciones uno de las significancias es  $> 0.05$  por tanto se acepta la hipótesis  $H_0$  donde los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 14. Prueba de normalidad de la variable independiente

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% Act. Mantto antes	0,26	15	0,007	0,874	15	0,039
% Act. Mantto después	0,249	15	0,013	0,761	15	0,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$H_0$ : Los datos muestrales de la aplicación del mantenimiento preventivo provienen de una distribución normal



H1: Los datos muestrales de la aplicación del mantenimiento preventivo provienen de una distribución no normal

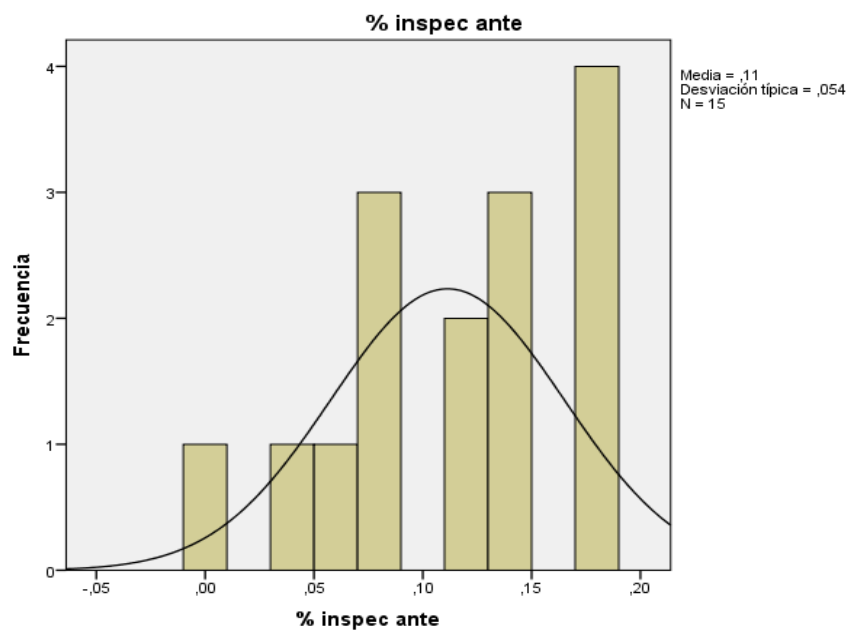
Decisión:

Los datos muestrales del antes y después están constituidos por 15 datos cada uno, será beneficioso emplear la prueba Shapiro – Wilk.

Si el nivel de significancia es  $< 0.05$  se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ . En esta dimensión de la variable independiente en porcentaje de actividades de mantenimiento las significancias son  $< 0.05$  por tanto se rechaza la hipótesis  $H_0$  donde los datos provienen de una distribución no normal.

Figura 5.

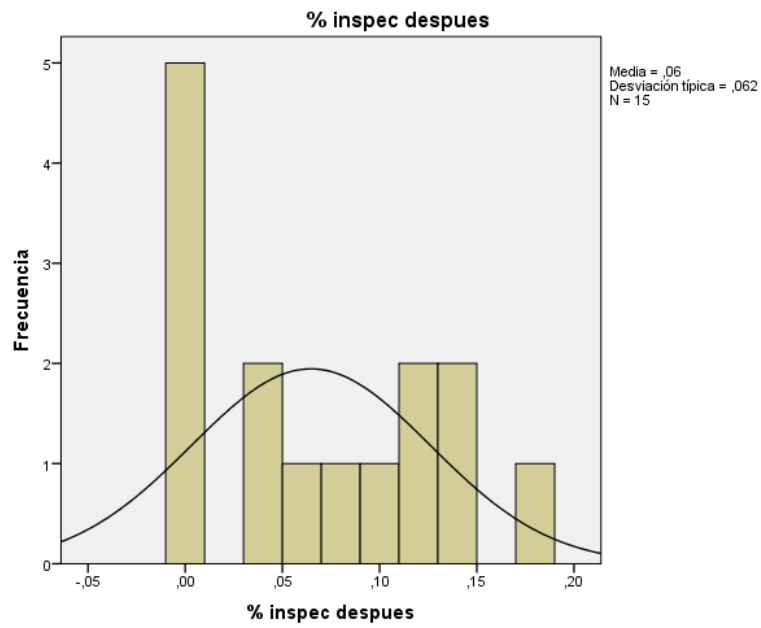
Histograma de los datos muestrales del mantenimiento preventivo (antes)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.

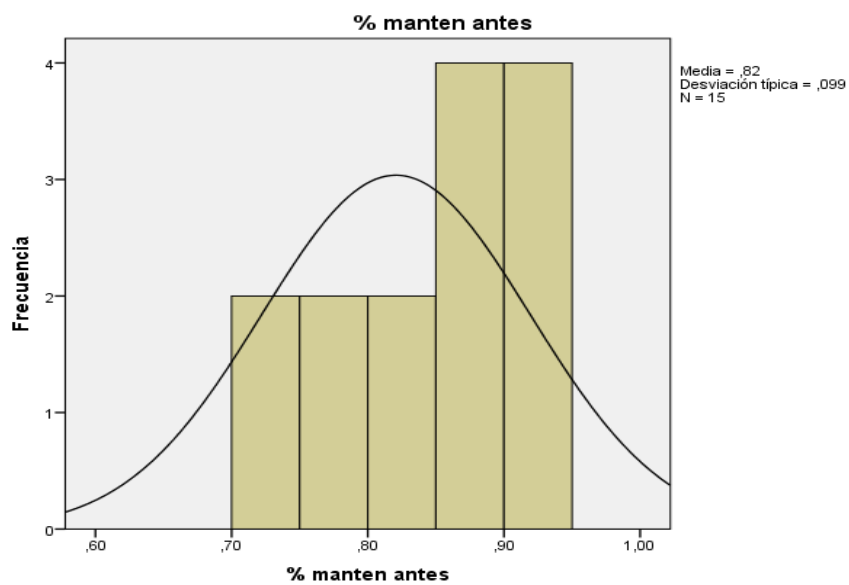
Histograma de los datos muestrales del mantenimiento preventivo (después)



Fuente: Elaboración propia

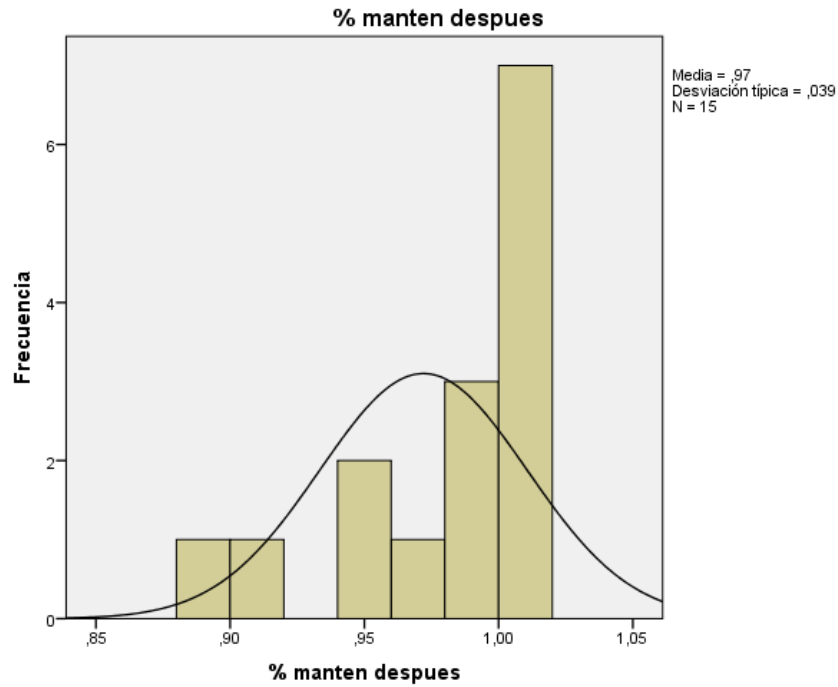
Figura 7.

Histograma de los datos muestrales Actividades de Mantenimiento (antes)



Fuente: Elaboración propia

Figura 8.  
Histograma de los datos muestrales de actividades de mantenimiento (después)



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.2. Disponibilidad de máquinas – Variable dependiente

Tabla 15. Análisis de normalidad de la variable dependiente.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	,358	3		,812	3	,144
Disponibilidad después	,232	3		,980	3	,726

a. Corrección de la significación de Lilliefors

H0: Los datos de la disponibilidad de maquinarias provienen de una distribución normal

H1: Los datos de la disponibilidad de maquinarias provienen de una distribución no normal.

Los datos de la disponibilidad antes y después están conformados por 3 datos cada uno, por tanto, se usó la prueba de Shapiro – Wilk. Si el nivel de significancia es < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1. En esta dimensión de la variable dependiente disponibilidad el nivel de significancia es > 0.05 por tanto se acepta la hipótesis H0 donde los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 16. Análisis de normalidad de la variable dependiente.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad antes	,343	3		,842	3	,220
Confiabilidad después	,204	3		,993	3	,843

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS v.25.

H0: Los datos muestrales de la confiabilidad de maquinarias provienen de una distribución normal

H1: Los datos muestrales de la confiabilidad de maquinarias provienen de una distribución no normal.

Los datos de la confiabilidad antes y después están conformados por 3 datos cada uno, por tanto, se usó la prueba de Shapiro – Wilk. Si el nivel de significancia es < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta H1. En esta dimensión de la variable dependiente confiabilidad el nivel de significancia es > 0.05 por tanto se acepta la hipótesis H0 donde los datos provienen de una distribución normal.

Figura 9.

Histograma de los datos muestrales de disponibilidad (antes)

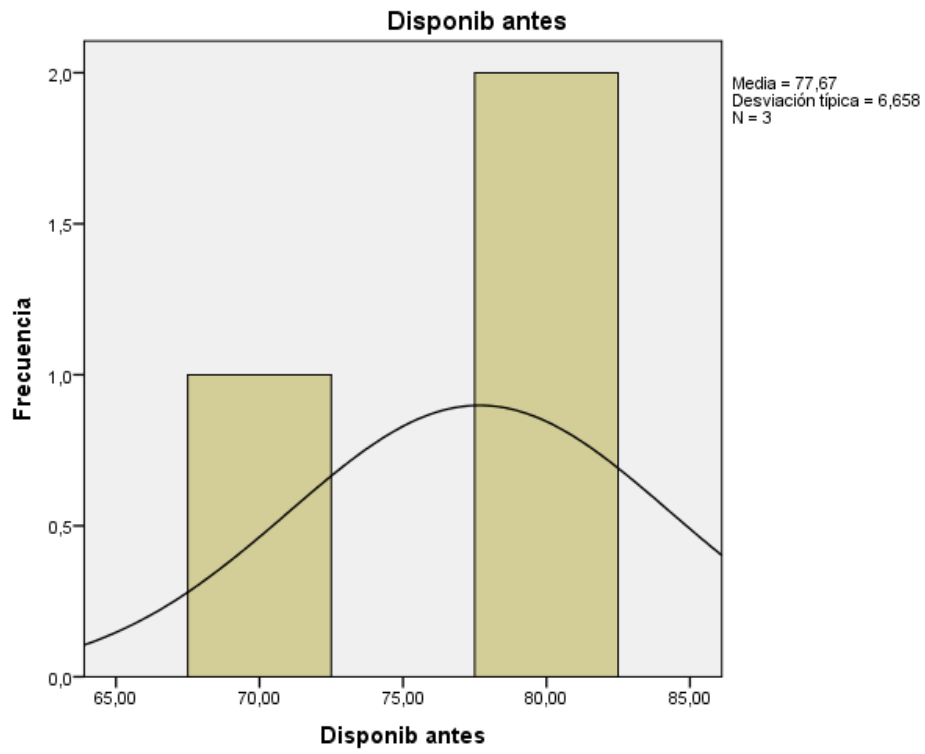


Figura 10.

Histograma de los datos muestrales de disponibilidad (después)

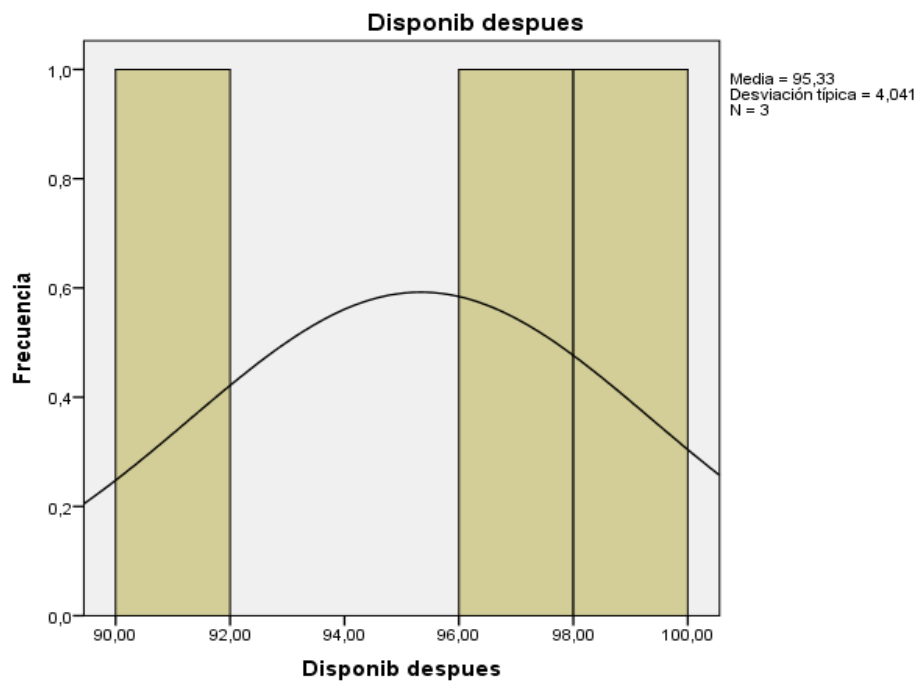


Figura 11.

Histograma de los datos muestrales de confiabilidad (antes)

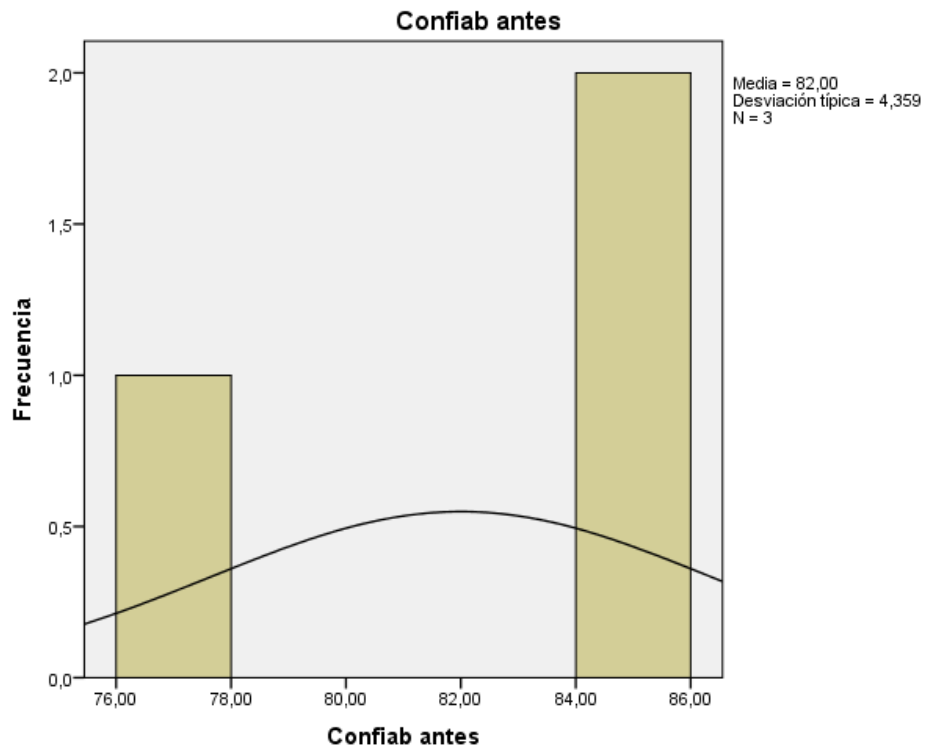
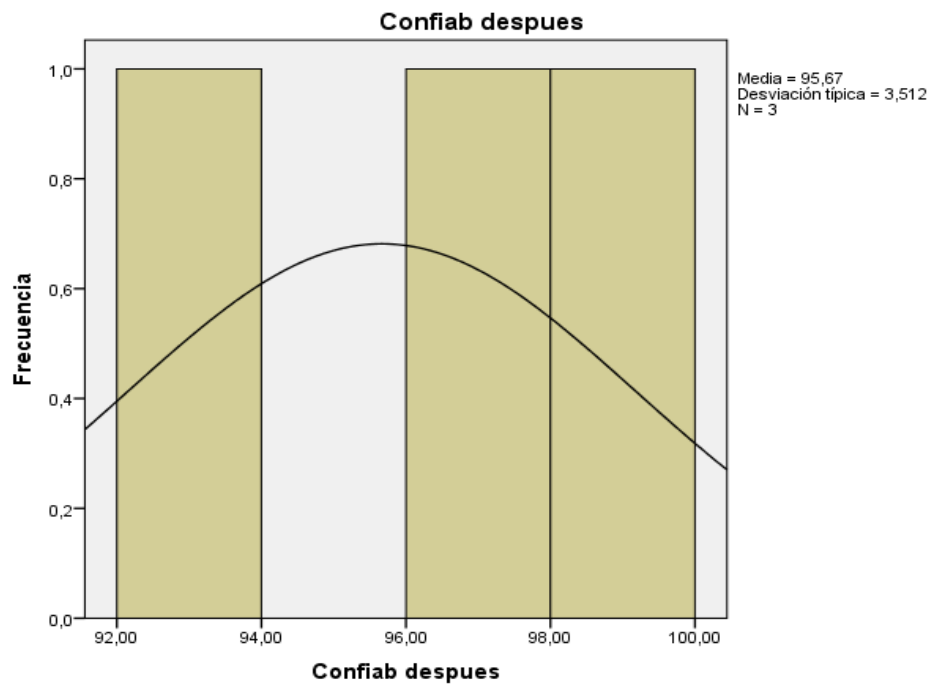


Figura 12.

Histograma de los datos muestrales de confiabilidad (después)



### 4.3. Contrastación de la hipótesis

#### 4.3.1 Hipótesis general

Ho: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, no incrementa la confiabilidad de los trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

Ha: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, incrementa la confiabilidad de los trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

**Tabla 17. Estadísticos de muestras relacionadas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Confiabilidad antes	82,0000	3	4,35890	2,51661
	Confiabilidad después	95,6667	3	3,51188	2,02759

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS

**Tabla 18. Correlaciones de muestras relacionadas**

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Confiabilidad antes y Confiabilidad después	3	,947	,208

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS

**Tabla 19. Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Confiab antes - Confiab después	-13,67	1,52753	,88192	-17,46125	-9,87208	-15,497	2	,004

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS

De acuerdo a las tablas, estadísticamente queda demostrado que la media del nivel de confiabilidad de los trenes antes fue de 82%, tuvo un incremento de 95%

después, También se obtuvo una significancia de  $0,004 < 0.05$ . Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna del investigador que la implementación del mantenimiento preventivo permitió incrementar la confiabilidad de los trenes Automatizados sin conductor de la Línea 2 Etapa 1A .

#### 4.3.2 Hipótesis específica 1

Ho: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

Ha: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

**Tabla 20. Estadísticos de muestras relacionadas**

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 Disponibilidad antes	77,6667	3	6,65833	3,84419
Disponibilidad después	95,3333	3	4,04145	2,33333

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS.

**Tabla 21. Correlaciones de muestras relacionadas**

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Disponibilidad antes y Disponibilidad después	3	,954	,194

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS.

**Tabla 22. Prueba de muestras relacionadas**

	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 Disponibilidad antes - Disponibilidad después	-17,67	3,05505	1,76383	-25,25583	-10,07750	-10,016	2	,010

Fuente: Elaboración propia empleando SPSS



De acuerdo a las tablas, estadísticamente queda demostrado que la media del nivel de disponibilidad de los trenes antes fue de 78%, tuvo un incremento de 95% después, También se obtuvo una significancia de  $0,010 < 0.05$ . Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna del investigador que la implementación del mantenimiento preventivo permitió incrementar la disponibilidad de los trenes Automatizados sin conductor de la Línea 2 Etapa 1A .

#### 4.3.3 Hipótesis específica 2

Ho: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo no incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

Ha: La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.

**Tabla 23. Estadísticos de muestras relacionadas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Confiabilidad Operacional	TMEF Antes	12,6667	3	9,45110	5,45660
	TMEF Después	56,2000	3	38,35779	22,14588

**Tabla 24. Estadísticos de muestras relacionadas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Confiabilidad Operacional	TMPR Antes	2,4900	3	1,62336	,93725
	TMPR Después	1,9133	3	1,46237	,84430

## V.-DISCUSIÓN

En el marco general fue factible determinar qué el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita, y queda plasmado con la estadística inferencial, donde el porcentaje de la confiabilidad media fue de 82%, es menor que la confiabilidad media posterior con 95%; Esto guarda relación con los hallazgos internacionales de, Valsdher (2016), la tesis en mención de Gestión de mantenimiento basado en confiabilidad de una máquina para la industria papelera, la confiabilidad en los equipos se desarrolló en un 87% a 91%, esto figura el aumento en la confiabilidad del 4%; a nivel nacional tenemos a Trejo (2017), en su trabajo de investigación cómo un programa de mantenimiento preventivo puede marcar la diferencia en el progreso de confiabilidad en las bombas de concreto El progreso en los planes de mantenimiento preventivo aumentó la confiabilidad en un 5 %, también redujeron las fallas en un 25 % y mejoraron la disponibilidad de 9 %.

Estos trabajos de investigación muestran resultados parecidos lo que queda evidenciado que un plan de mantenimiento incrementa la confiabilidad el tren por transportar gran cantidad de pasajeros debe tener una alta confiabilidad a diferencia de otros tipos de equipos o maquinarias.

Respecto al primer objetivo del plan de mantenimiento preventivo en el incremento de la disponibilidad de los trenes automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.se evidencia con la estadística inferencial donde se indica que los resultados obtenidos de la media en disponibilidad antes fue de 78%, y posterior con 95%; Esto guarda relación con los trabajos de investigación encontrados a nivel internacional de, Raj, Bhushan, Kumar y Bokar (2018) en su trabajo de investigación menciona el incremento del indicador de la disponibilidad de 90% a 91.7%, A nivel nacional los resultados obtenidos por la línea 1 en el año 2021, la disponibilidad estuvo por encima del 95% cifra dispuesta por la supervisión Ositran evidenciando el buen funcionamiento de su plan de mantenimiento preventivo correctivo, se puede afirmar que un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad tiene un incremento de este indicador y el trabajo de investigación sigue esta línea. Este indicador de disponibilidad en el tren eléctrico debe ser alto porque permiten transportar gran

cantidad de pasajeros en horas puntas y cumplir los estándares de calidad internacional.

## VI.-CONCLUSIONES

Sobre el objetivo general, se detalla que es factible implementar un plan de mantenimiento preventivo en el área de mantenimiento de trenes en la etapa 1 A para aumentar la confiabilidad de los equipos del tren eléctrico automatizado de la Línea 2. Esto se evidencia en la comparación de datos antes y después del plan de mantenimiento en donde se demuestra usando la estadística inferencial, donde el promedio fue 82%, y la media de la confiabilidad de los equipos del tren después fue de 95%; también se obtuvo una significancia de  $0,004 < 0.05$ ; lo que confirma el incremento de la confiabilidad. Además, este objetivo tiene relación con otros trabajos de investigación. Esto se afirma en la comparación de escenarios antes y después con los hallazgos internacionales de, Valsdher (2016), donde queda demostrado con la estadística inferencial, donde la confiabilidad media fue de 87%, y la confiabilidad media después fue de 91%; El alcance de este objetivo está relacionado con los resultados de trabajos anteriores.

En la conclusión del objetivo específico 1 respecto a la disponibilidad se aplicó un plan de mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento del tren eléctrico automatizado para incrementa la disponibilidad. Esto se evidencia en la comparación de datos antes y después en donde esto se prueba mediante estadística inferencial porque la media fue de 78%, y la media de la disponibilidad de los equipos del tren después fue de 95%; también se obtuvo una significancia de  $0,010 < 0.05$ ; lo que confirma el incremento de la disponibilidad. Además, este objetivo tiene relación con otros trabajos de investigación. Esto se afirma en la comparación de escenarios antes y después con los hallazgos internacionales de, Raj Bhushan, Kumar y Bokar (2018) donde queda demostrado con la estadística inferencial, donde la disponibilidad media fue de 90%, y la disponibilidad media después fue de 91,7%; El alcance de este objetivo está relacionado con los resultados de trabajos anteriores.

En el objetivo específico 2 la confiabilidad operacional de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo de los diferentes componentes del tren eléctrico, el tiempo medio entre fallas TMBF aumento de 12,6 antes y 56,2 en promedio. El tiempo medio para reparaciones TMPR disminuyo de 2,5 antes a 1,9 después en

promedio dando como resultado porcentajes de disponibilidad y confiabilidad superiores a 90%.

Esto se afirma en la comparación de escenarios antes y después del plan de mantenimiento con los hallazgos internacionales de, Raj, Bhushan, Kumar y Bokar (2018) donde queda demostrado con la estadística inferencial, donde el tiempo promedio para las reparaciones (MTTR) fue de 3.45 a 1.46 horas en el caso del tiempo promedio entre fallas (MTBF) antes fue de 211.63 minutos y después paso a 433.54 minutos con estos resultados se logró incrementar la disponibilidad de la planta.

Dentro del mantenimiento preventivo se tiene las inspecciones de los componentes críticos del tren una herramienta muy importante ya que se encontró algunas fallas de montaje de fabrica como montaje local acoplamiento de coches mecánico, eléctrico, neumática, así como de componentes y verificación de equipos sometidos al clima de lima verano invierno realizando las correcciones necesarias para aumentar la confiabilidad de los trenes automatizados

La capacitación al personal de mantenimiento del tren eléctrico fue vital para conseguir los resultados esperados en el aumento de los indicadores de la disponibilidad, confiabilidad, actividades de mantenimiento, así como el desarrollo de las habilidades técnicas para resolver fallas en los componentes del tren automatizado.

## VII.-RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de las comparaciones, que está relacionado con los hallazgos de trabajos anteriores, donde la disponibilidad está directamente relacionada con el mantenimiento preventivo es necesario contar con un plan de mantenimiento, actualizarlo con los avances tecnológicos actuales como la conducción automática del tren eléctrico Línea 2 sin conductor.

Dentro de las actividades del mantenimiento preventivo están las inspecciones periódicas se recomienda seguir con estas actividades con más frecuencia antes de la operación con pasajeros ya que los trenes son ensamblados en el lugar que prestara servicio, adecuándose al clima, ruta y posibles fallas en los componentes que tiene el tren eléctrico.

En las inspecciones periódicas las observaciones realizadas por los técnicos especialistas del tren automatizado sin conductor deben ser analizadas, corregidas para evitar convertirse en una falla funcional, llevar un registro organizado de las fallas presentadas, para poder actuar cuando se presente la falla en otros trenes.

Se recomienda llevar un control del mantenimiento del tren eléctrico por kilometraje en operación con pasajeros ya que muestra un desgaste de componente real por uso, actualmente se lleva por tiempo meses debido a que el tren automatizado se encuentra en una fase de pruebas.

Se recomienda realizar un seguimiento exhaustivo de los tiempos medios de reparación y de fallas así como seguir mejorando el plan de mantenimiento en los trenes automatizados con la mejora continua ya que estos indicadores intervienen directamente en la confiabilidad y la disponibilidad regulados por la entidades supervisoras.

## REFERENCIAS:

- ARATA ANDREANI, Adolfo. Ingeniería y gestión de la confiabilidad operativa en plantas industriales. Santiago de Chile: RIL editores, 2009. ISBN 956284658X.
- ALBERTO, Cuartas Pérez Luis. IM: Mantenimiento Mecánico. Recuperado de [http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso\\_concurso/area3/QUE\\_ES\\_EL\\_MANTENIMIENTO\\_MECANICO.pdf](http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf), 2008.
- AMABLE SALAZAR, Jhonatan Breajan. Influencia del mantenimiento preventivo en la disponibilidad del cargador frontal caterpillar 966-C de la municipalidad de Huancayo. 2017.
- BUSTOS, Alejandro, RUBIO, Higinio, CASTEJÓN, Cristina and GARCÍA-PRADA, Juan Carlos, 2018. EMD-based methodology for the identification of a high-speed train running in a gear operating state. *Sensors (Switzerland)*. 6 March 2018. Vol. 18, no. 3. DOI 10.3390/s18030793.
- DALZOCHIO, Jovani, KUNST, Rafael, PIGNATON, Edison, BINOTTO, Alecio, SANYAL, Srijnan, FAVILLA, Jose and BARBOSA, Jorge, 2020. *Machine learning and reasoning for predictive maintenance in Industry 4.0: Current status and challenges*. . 1 December 2020. Elsevier B.V.
- DAVARI, Narjes, VELOSO, Bruno, COSTA, Gustavo de Assis, PEREIRA, Pedro Mota, RIBEIRO, Rita P. and GAMA, João, 2021. *A survey on data-driven predictive maintenance for the railway industry*. . 1 September 2021. MDPI AG.
- DE JONGE, Bram and SCARF, Philip A., 2020. *A review on maintenance optimization*. . 16 September 2020. Elsevier B.V.
- DINMOHAMMADI, Fateme., 2019. Un enfoque de modelado basado en riesgos para la optimización del mantenimiento del material rodante ferroviario: un estudio de caso del sistema de pantógrafo. *Revista de calidad en ingeniería de mantenimiento* 25.2 . 2019.
- FERNÁNDEZ, Francisco Javier González. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC editorial, 2005.
- GARRAMIOLA, Fernando, POZA, Javier, MADINA, Patxi, DEL OLMO, Jon and UGALDE, Gaizka, 2020. A hybrid sensor fault diagnosis for maintenance in railway traction drives. *Sensors (Switzerland)*. 2 February 2020. Vol. 20, no. 4. DOI 10.3390/s20040962.

- GASTELU Pinedo et al. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. Revista Ulima [en línea]. Mayo-Julio 2016
- Gerencia de Regulación y Estudios Económicos de OSITRAN, INFORME DE DESEMPEÑO 2021, Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1
- Línea 1 del Metro de Lima, "Informe de Sostenibilidad 2019", Lima, Perú, 2019.
- LIN, Boliang, and Yinan Zhao., 2021. Synchronized Optimization of EMU Train Assignment and Second-Level Preventive Maintenance Scheduling. *Reliability engineering & system safety* 215 . 2021.
- LIU, Xiao Zhou, XU, Chi and NI, Yi Qing, 2019. Wayside detection of wheel minor defects in high-speed trains by a Bayesian blind source separation method. *Sensors (Switzerland)*. 2 September 2019. Vol. 19, no. 18. DOI 10.3390/s19183981. DOI 10.3390/s21206876.
- MANZINI, Riccardo, et al. Maintenance for industrial systems. London: Springer, 2010.
- MOHAMMADI, Alireza; AMADOR-JIMENEZ, Luis; NASIRI, Fuzhan., 2020. Reliable, effective, and sustainable urban railways: a model for optimal planning and asset management. *Construction Engineering and Management*. 2020.
- Olives, R. (2009). Mantenimiento preventivo. Departamento de Empresa y Empleo, Barcelona
- PATTON JOSEPH, D Jr. Preventive Maintenance. The international Society for Measurement and Control Instrument Society of America 2 Ed. USA 1995. ISBN 1-55617-533-7
- PEYGHAMI, Saeed, et al. Standard test systems for modern power system analysis: An overview. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 2019, vol. 13, no 4, p. 86-105.
- Rey Sacristán Francisco Hacia la excelencia en Mantenimiento [Libro] = Hacia la excelencia en MANTENIMIENTO / ed. Tgp Hoshin S.L.. - Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. - pág. 411. - ISBN 84-87022-21-9.
- SHIAU, Jiun Yan and WANG, Sze Tsung, 2022. Bogie Stability Control and



Management Using Data Driven Analysis Techniques for High-Speed Trains. *Applied Sciences (Switzerland)*. 1 March 2022. Vol. 12, no. 5. DOI 10.3390/app12052389.

Sociedad concesionaria METRO DE LIMA LINEA 2, PLAN DE NEGOCIOS DEL AÑO 2022

TAO, Gongquan, WEN, Zefeng, JIN, Xuesong and YANG, Xiaoxuan, 2020. *Polygonisation of railway wheels: a critical review*. . 1 December 2020. Springer.

TIAN, Qiaoping and WANG, Honglei, 2022. Optimization of preventive maintenance schedule of subway train components based on a game model from the perspective of failure risk. *Sustainable Cities and Society*. 1 June 2022. Vol. 81. DOI 10.1016/j.scs.2022.103819.

OSORIO, Juan Carlos Toro; GUTIÉRREZ, Pedro Alejandro Céspedes. Metodología para medir confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad en Mantenimiento. 2001.

TUAN HUYNH, Khac, GRALL, Antoine, HUYNH, KT and GRALL, A, 2020. A condition-based maintenance model with past-dependent imperfect preventive repairs for continuously deteriorating systems A condition-based maintenance model with past-dependent im-perfect preventive repairs for continuously deteriorating systems A Condition-Based Maintenance Model With Past-Dependent Imperfect Preventive Repairs for Continuously Deteriorating Systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. Online. 2020. Vol. 234, no. 2. DOI 10.1177/1748006X19884210i.

WANG, B. J., LI, Q., REN, Z. S. and SUN, S. G., 2020. Improving the fatigue reliability of metro vehicle bogie frame based on load spectrum. *International Journal of Fatigue*. 1 March 2020. Vol. 132. DOI 10.1016/j.ijfatigue.2019.105389.

WANG, Xue Ping, MA, He and ZHANG, Jun, 2019. A prediction method for wheel tread wear. *Industrial Lubrication and Tribology*. 22 August 2019. Vol. 71, no. 6, pp. 819–825. DOI 10.1108/ILT-10-2018-0397.

YUAN, Zhikang, TU, Youping, LI, Ruihai, ZHANG, Fuzeng, GONG, Bo and WANG, Cong, 2019. Review on characteristics, heating sources and evolutionary processes of the operating composite insulators with abnormal temperature rise. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*. 2019. Vol. PP, no. 99.

DOI 10.17775/CSEEJPES.2019.02790.

ZHAI, Huaiyuan, LI, Mengjie, HAO, Shengyue, CHEN, Mingli and KONG, Lingchen, 2021. How does metro maintenance staff's risk perception influence safety citizenship behavior—the mediating role of safety attitude. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2 May 2021. Vol. 18, no. 10. DOI 10.3390/ijerph18105466.

ZHAO, Jingyi, GAO, Chunhai and TANG, Tao, 2022. *A Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment*. . 1 March 2022. MDPI.

Alavedra Flores, Carol, Gastelu Pinedo, Yumira, Méndez Orellana, Griseyda, Minaya Luna, Christian, Pineda Ocas, Brandon, Prieto Gilio, Krisley, Ríos Mejía, Kenny, Moreno Rojo César Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial [en línea]*. 2016, (34), 11-26[fecha de Consulta 27 de noviembre de 2022]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>

JIMÉNEZ ZAMBRANO, Pablo Edgar. Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para el área de bunchado en planta Electro cables de la ciudad de Guayaquil. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.

VALERA R. y VALDHER R. Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para una Máquina Papelera. Tesis (Pregrado en Ingeniería Mecánica) Naganagua: Universidad de Carabobo ,2016. Disponible: <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/7115/4/vvalera.pdf>

CLEMENTE MENDOZA, María Cristina; MARTINEZ GAMARRA, Jhordy Dino. Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de las maquinarias pesadas en la empresa Grupo Señor de Pomallucay SRL, Huaraz-2020. 2020.

GARCIA Fernandez, Maria Alejandra. Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las

máquinas de la empresa comercial molinera san Luis S.A.C., 2018. Tesis (Título de profesional de Ingeniero Industrial). Pimentel: Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2018. 180pp.

Disponible en: <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3953>

TREJO FIGUEROA, Romel Marco. Mejora de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de bombas de concreto de la unidad negocio de bombas. 2017.

LUNA AYALA, Alison Brigit; TOLEDO ARAUCANO, Azucena Blanca. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad en las maquinarias de la empresa OSIMIN SRL, Huaraz-2019. 2019.

CABALLERO ALANIA, Aldair Javier. Relación entre desgaste de mantos y parámetros críticos de funcionamiento del chancador primario tipo NT de la Minera Chinalco Perú. 2017.

GUAITARILLA SOTO, José David. Plan de mantenimiento preventivo para la maquina industrial de la empresa Fluoroplasticos SAS. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Occidente.

RAJ, Manish, et al. Effective Implementation of Planned Maintenance in a Gas Producing Plant: A Case Study at JSPL, Raigarh. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2018, vol. 5, no 12, p. 732-740.

## ANEXOS

Figura 13: Tráfico de pasajeros Metro Lima 2020

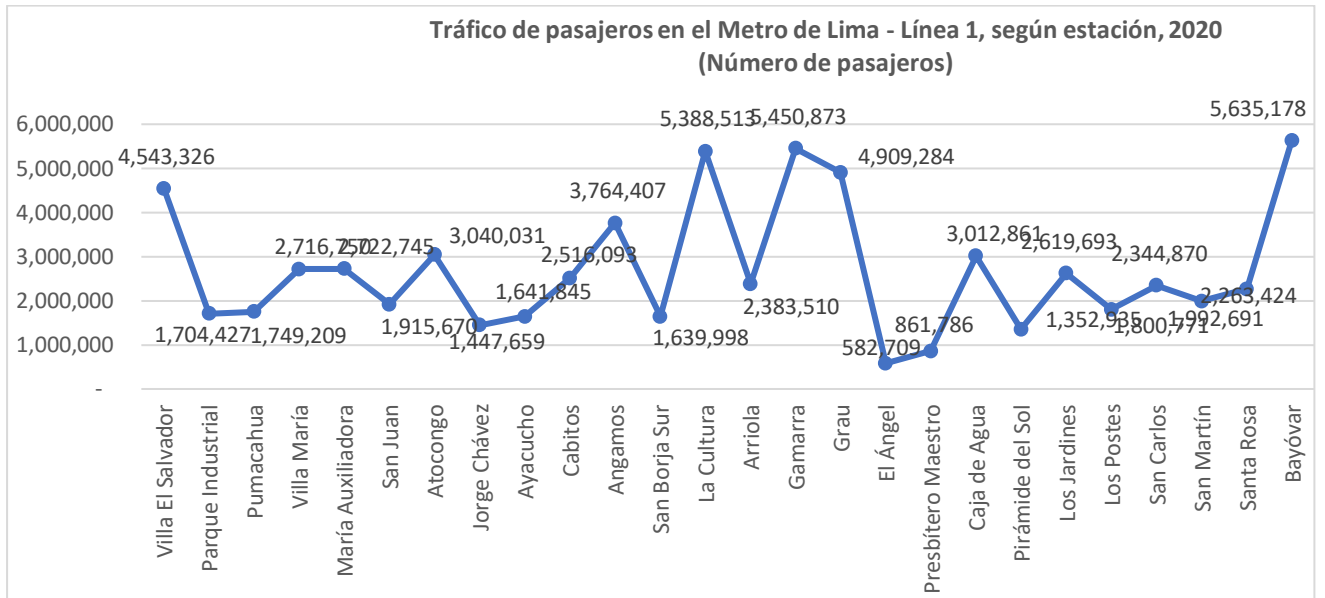


Figura 14: Tráfico de pasajeros Metro Lima. 2021

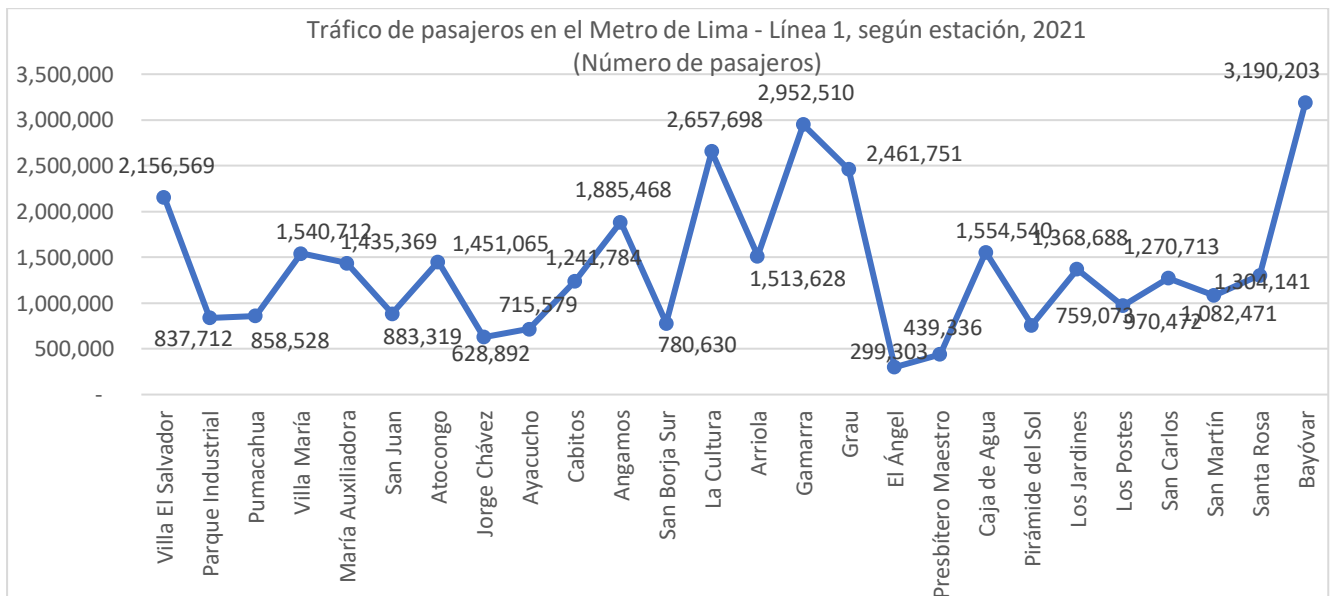
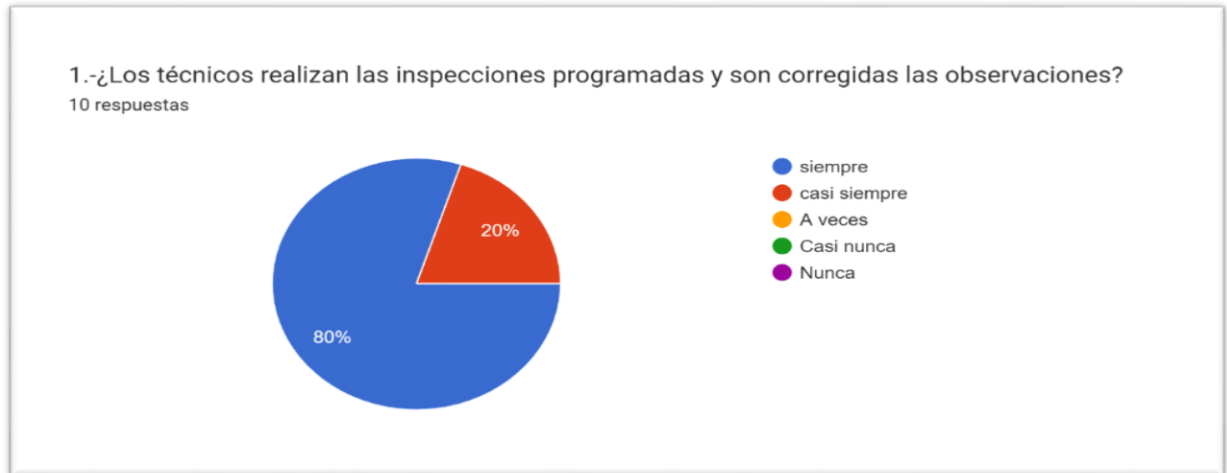


Figura 15: Estaciones y Talleres de reparaciones etapa 1A

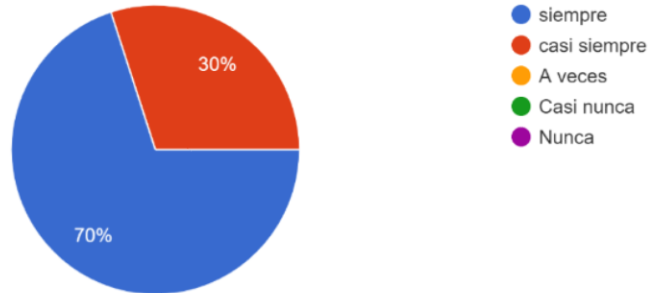


Figura 16. Encuesta desarrollada en Google formulario



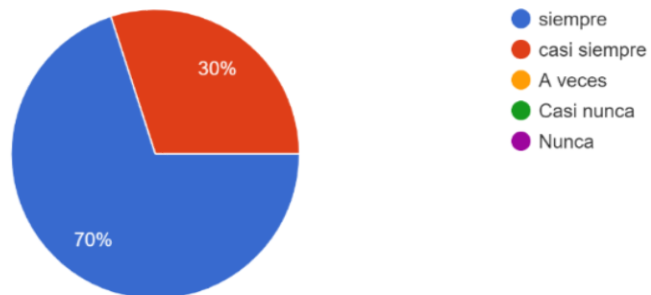
3.-¿La empresa cuenta con los equipos y herramientas adecuados para el mantenimiento del tren eléctrico?

10 respuestas



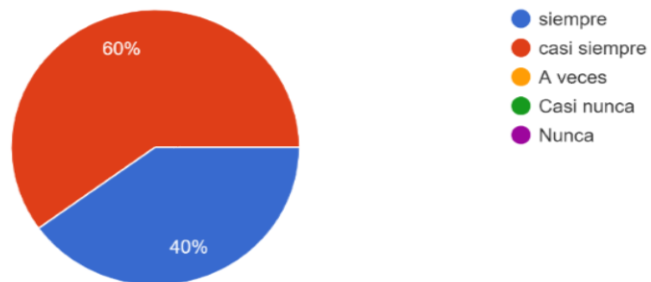
4.-¿Realizan el llenado correcto de las cartillas de mantenimiento de los trenes eléctricos?

10 respuestas



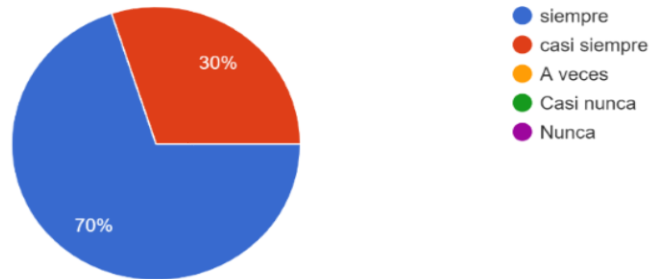
5.-¿Tiene la empresa equipos para reparaciones especializadas para el área de mantenimiento?

10 respuestas



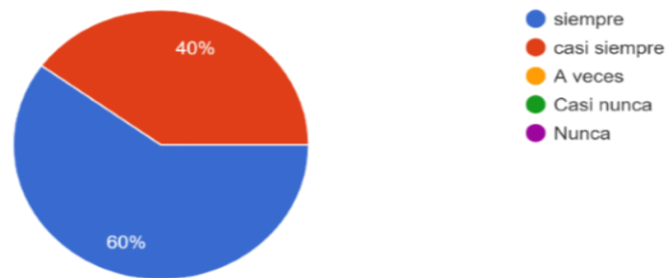
6.-¿Las fallas de los trenes son reportados y atendidos inmediatamente por los técnicos de mantenimiento?

10 respuestas



7.-¿La empresa cumple con las reparaciones en el tiempo programado?

10 respuestas



8.-¿Los técnicos de mantenimiento están capacitados para las reparaciones de los trenes de la empresa?

10 respuestas

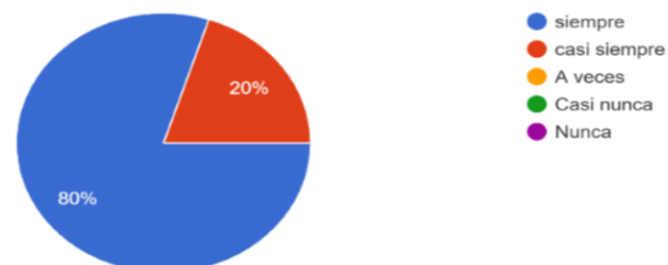




Tabla 25. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Dimensiones	Variables
P.G: ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?	O.G Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022	H.G: la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, incrementa la confiabilidad de los trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022.	DVI.  -Inspecciones periódicas  -Actividades de Mantenimiento Horas de Mantenimiento	V.I.1  Plan de Mantenimiento Preventivo.
P.E 1 ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?	O.E.1 Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022	H.E.1. La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022	DVD -Disponibilidad -Confiabilidad operacional	V.D.2 Confiabilidad.
P.E 2 ¿En qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022?	O-E 2. Determinar en qué medida la Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022	H.E.2. La Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad operacional en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022		

Figura 17 : Equipos y accesorios para el mantenimiento



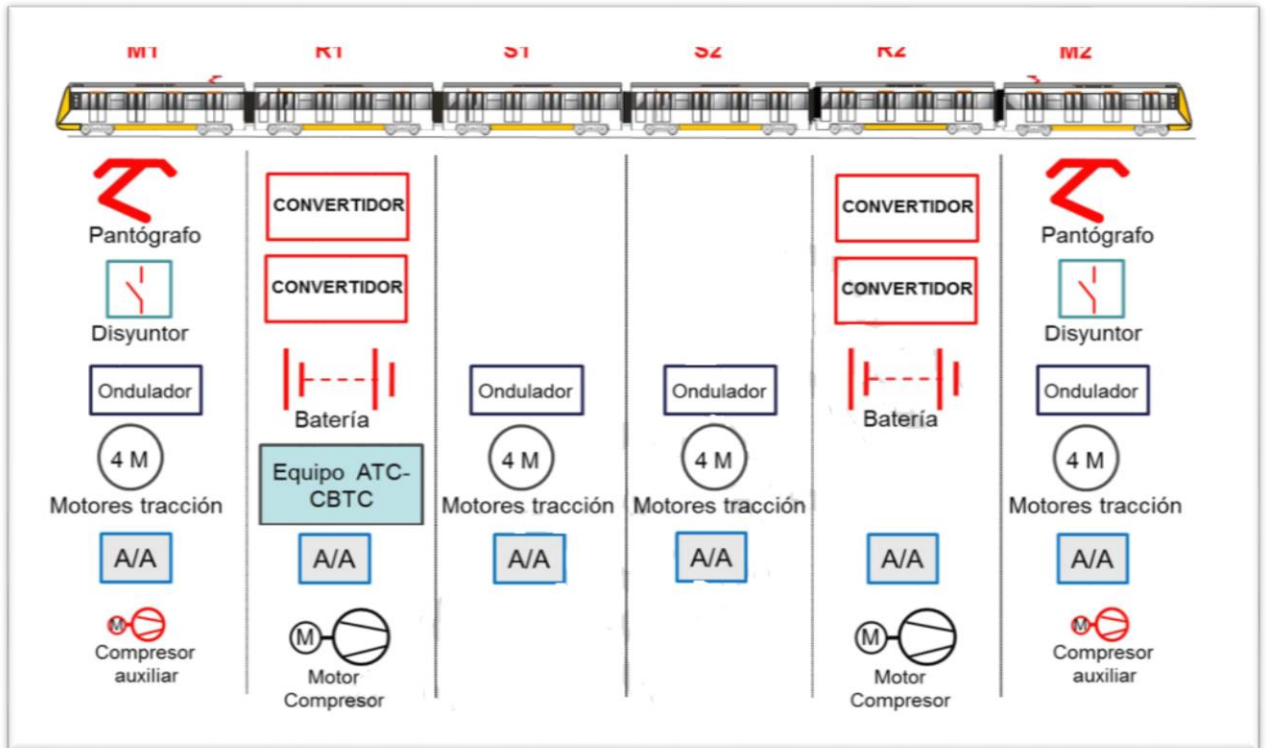
Medición de Rueda Antes



Medición de Rueda Después



Figura 18 : Componentes principales del tren eléctrico Línea 2 Metro Lima



A / A

Aire Acondicionado

4 M

Motor Eléctrico Trifásico jaula de Ardilla 4 por coche

ATC

Control Automático del tren

CBTC

Control del tren basado en las comunicaciones

Figura 19. Cartilla de mantenimiento mensual

Hitachi Rail		MENSUAL										HRML2_00
		TREN: <b>L2-</b>	KM.									Rev. 02
		FECHA DE INICIO:	FECHA DE TERMINO:									Página 01/01
		HORA DE INICIO:	HORA DE TERMINO:		H-h: 15,25							
TAREA	DESCRIPCION DE ACTIVIDADE	Est	H-	M1	R1	S1	S2	R2	M2	Tec	OBS.	
<b>CAJA - DC11P018873B_MLI-01 rev.01</b>												
MLI-01-MP002	<b>Iluminacion externa:</b> Inspeccion visiva iluminacion delantera y trasera.	B	##		NA	NA	NA	NA				
Permanent Monitoring	<b>Sistema lubricador de pestaña:</b> verificacion de salida de aceite desde los pulverizadores.	B/P	##		NA			NA				
<b>BOGIE - DC11P018875B_MLI-02 rev.01</b>												
MLI02-MP001/32 (CADA 22222222)	<b>Sistema de frenado:</b> Control del desgaste de las juntas de los frenos.	D	##									
MLI-02-MP003 (CADA 22222222)	<b>Retorno de corriente de traccion:</b> Inspeccion visual.	D	##		NA			NA				
MLI-02-MP004/34 (CADA 22222222)	<b>Dispositivo de puesta a tierra:</b> Inspeccion visual.	D	1,50									
MLI-02-MP005 (CADA 22222222)	<b>Montaje del motor:</b> Inspeccion visual de la conexión electrica del motor.	D	##		NA			NA				
<b>SISTEMA ELECTRICO - DC11P018881B_MLI-07 rev.01</b>												
MLI-07-MP001	<b>Silbato:</b> prueba de funcionamiento.	B/P	##		NA	NA	NA	NA				
"Antivicio"	Prueba de funcionamiento	B	##									
<b>ACOPLADOR - DC11P018884B_MLI-04 rev.01</b>												
V_H2014_100_01_RevD00	<b>Acoplador semipermanente:</b> Comprobacion visual.	D	##									
<b>FRENO NEUMATICO - DC11P018885B_MLI-14 rev.01</b>												
ML-14-PM-102	<b>Unidad de arenado F05:</b> Inspeccion visual.	D	##		NA			NA				
<b>PUERTAS - DC11P018886B_MLI-15 rev.01</b>												
DDRLE20648 E01 6.3/6.4/6.5	<b>Unidad de accionamiento:</b> comprobar tornillos de piezas de montaje para estanqueidad (verifique la integridad de la cera de sellado). En caso de que esten sueltos, los tornillos tienen que ser removidos, limpiados, tratado con Loctite243 y apretado de nuevo con el especificado Nm de apriete.	D	##									
<b>HYAC - DC11P018887B_MLI-16 rev.01</b>												
KC48 - 5.5.5	Limpieza de filtro de aire mezclado del climatizador del coche salon.	D	##									
NA-no aplica P-presurizado D -desenergizado C-energizado AT B-energizado BT												
<b>Special-tool</b>												
Part.No.	Descripcion	Marca	Fecha de vencimiento calibracion		Observaciones							
<b>Consumibles</b>												
Part.No.	Descripcion	Marca	Cantidad Utilizada (Lt/Kg)		Observaciones							
<b>Repuestos rotos</b>												
Part.No.	Serial/Number	Proveed	Qt	Repuestos nuevos								
				Serial/Number	Causa falla							
<b>Observaciones</b>												
Horas de trabajo compresores A01: R1_____; R2_____												
<b>EJECUTANTES</b>												
										FIRMA		
										FIRMA		

Figura 20. Cartilla de mantenimiento bimensual

BIMESTRAL											Hitachi Rail	0
TREN: L2-		KM. _____									Rev. 02	
FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINO:									Página 01/0	
HORA DE INICIO:		HORA DE TERMINO:		t-h: 40,40								
TAREA	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	Est	H-h	MI	R1	S1	S2	R2	M2	Tec	OBS.	
<b>CAJA - DC11P018873B_MLI-01 rev.01</b>												
ALI-01-MP003	<b>Sistema lubricador de pestaña:</b> inspeccion visual de los componentes y de los tubos, verificación de la posición de los pulverizadores y verificación de pérdidas de aire y/o lubricante.	D	3,00		NA			NA				
ALI-01-MP004	<b>Sistema lubricador de pestaña:</b> repostaje de aceite lubricante en el depósito.	D	0,00		NA			NA				
ALI-01-MP005	<b>Conjunto del pasadizo de intercomunicación:</b> control visual de la cubierta protectora ondulada del fuelle.	D	1,00									
ALI-01-MP006	<b>Conjunto del pasadizo de intercomunicación:</b> inspeccion visual y control de funcionamiento del conjunto del pasadizo de intercomunicación.	D	4,00									
ALI-01-MP007	<b>Conjunto del pasadizo de intercomunicación:</b> control visual del puente articulado.	D	1,00									
ALI-01-MP008	<b>Conjunto del pasadizo de intercomunicación:</b> control visual del cubrimiento del puente articulado.	D	1,00									
ALI-01-MP009	<b>Conjunto del pasadizo de intercomunicación:</b> control visual de las pestañas.	D	1,00									
<b>BOGIE - DC11P018875B_MLI-02 rev.01</b>												
MLI-02-MP007	<b>Suspension primaria:</b> control visual de los muelle conicos.	D	5,00									
MP008 MLI-02-MP027	<b>Suspension secundaria:</b> control visual.	D	5,00									
<b>SISTEMA DE TRACCION - DC11P018880B_MLI-03 rev.01</b>												
ALI-03-MP001	<b>Pantógrafo:</b> inspeccion visual y limpieza.	D	##		NA	NA	NA	NA				
<b>ACOPLADOR - DC11P018884B_MLI-04 rev.01</b>												
V_H2014_185_01_RevE00	<b>Acoplador automatico:</b> comprobacion visual (integridad/daños) test de	D	1,00		NA	NA	NA	NA				
V_H2014_185_01_RevE00	<b>Acoplador automatico:</b> limpiar, engrasar y comprobar el ajuste vertical.	D	2,00		NA	NA	NA	NA				
V_H2014_185_01_RevE00	<b>Acoplador automatico:</b> limpieza del acoplador electrico.	D	0,50		NA	NA	NA	NA				
V_H2014_185_01_RevE00	<b>Acoplador automatico:</b> pintura de zinc a pistola de la cara pulida y el cono.	D	0,00		NA	NA	NA	NA				
<b>MOBILIARIO Y ILUMINACION INTERIOR - DC11P018882B_MLI-06 rev.01</b>												
ALI-06-MP001	<b>Interior tren:</b> inspeccion visual, comprobacion de integridad y limpieza de suelos, paneles de revestimientos y estructuras tubulares.	D	1,00									
ALI-06-MP002	<b>Interior tren:</b> inspeccion visual, comprobacion de integridad y limpieza de asientos.	D	0,75									
ALI-06-MP003	<b>Iluminacion interior:</b> inspeccion visual y sustitucion de ledes averiados.	B	0,15									
<b>RENO NEUMATICO - DC11P018885B_MLI-14 rev.01</b>												
ALI-14-PM-014	<b>Manga A01,05, A02:</b> inspeccion visual.	P	0,50	NA		NA	NA		NA			
ALI-14-PM-026	<b>Manga B23, B24, B25, B26, B27, B28:</b> inspeccion visual.	P	0,50									
ALI-14-PM-045	<b>Hose pipes C19, C20, C21:</b> inspeccion visual.	P	0,50									
ALI-14-PM-056	<b>Manga L08, L12:</b> inspeccion visual.	P	0,50									
ALI-14-PM-070	<b>Manga U02, U08:</b> inspeccion visual.	P	0,50		NA	NA	NA	NA				
ALI-14-PM-071	<b>Grupo motocompresor U03:</b> control del nivel de aceite y rellenar si es necesario.	D	1,00		NA	NA	NA	NA				
ALI-14-PM-084	<b>Manga W04, W06, W07:</b> inspeccion visual.	P	0,50									
NA-no aplica	P-presurizado		D - desenergizado		C-energizado AT					E-energizado B		
<b>Special-tool</b>												
Part.No.	Descripcion	Marca/Tipo	Fecha de vencimiento calibracion	Observaciones								

Figura 21: Patio taller Línea 2 Metro Lima -Santa Anita

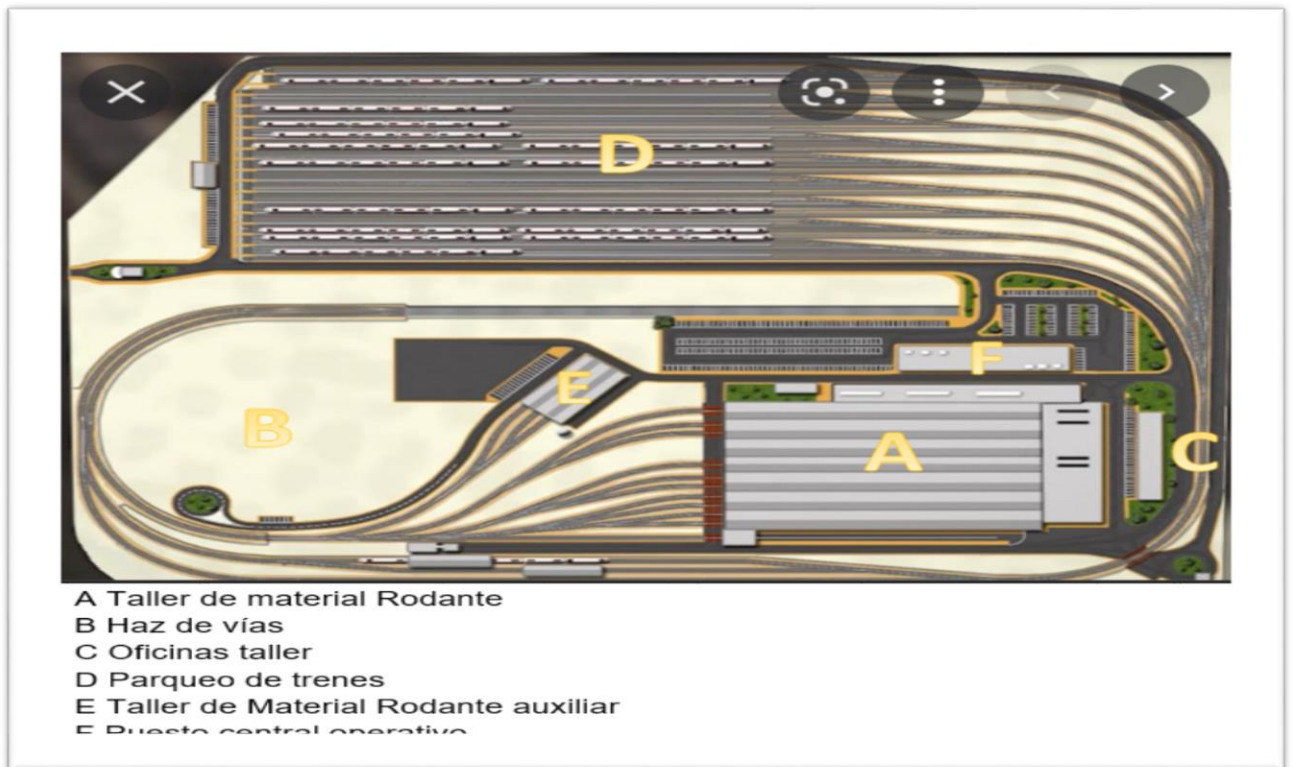


Figura 22: Mantenimiento de sistema de freno

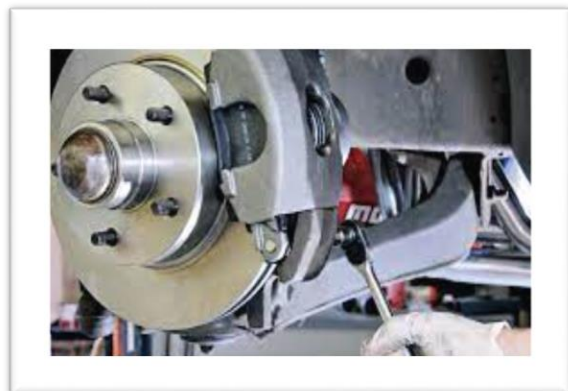
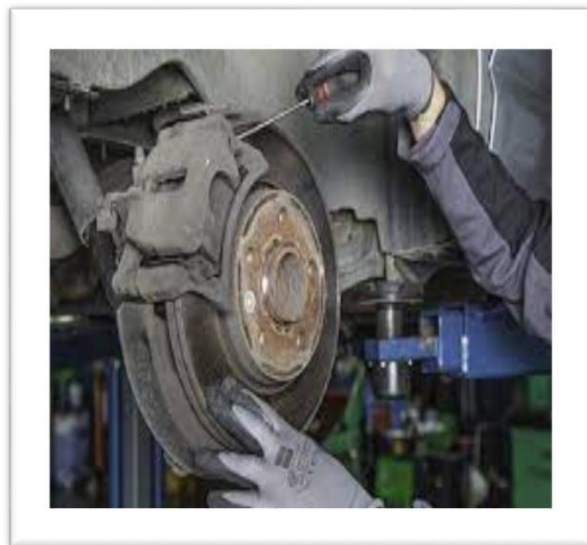


Figura 23: Pruebas de coches



Figura: 24 Cable de motor de tracción rozando con brida perdida aislamiento Tren 26 cocheS1

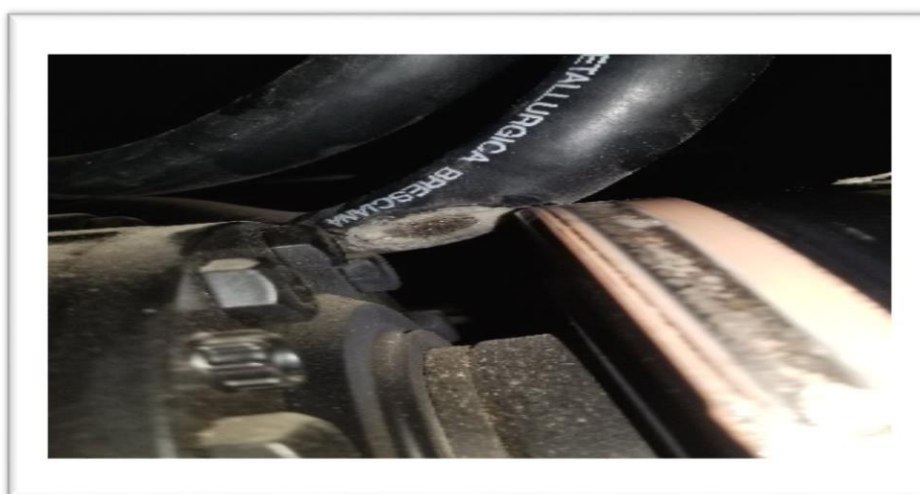




Figura: 25 Protector cable de alta tensión Tracción Tren 26 Coche S2

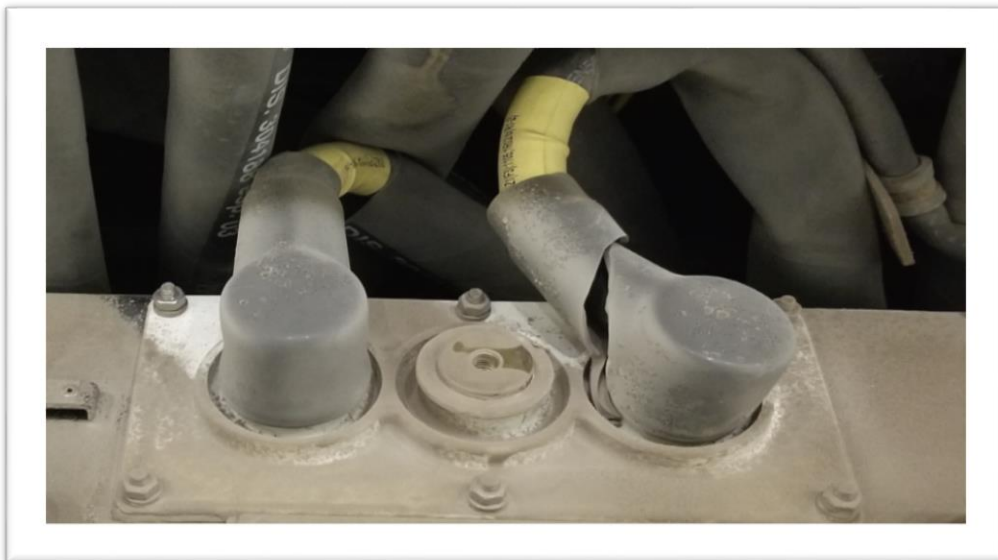


Figura 26. Aislador resistencia de frenado Tren 29 coche M1



Figura 27. Datos Variable Dependiente

Mes	N Fallas tren	Tiempo por reparacion horas (HP)	TMPR = $\frac{\text{Treparac}}{\text{N Fallas}}$	TMEF = $\frac{\text{Tooperac}}{\text{N Fallas}}$	Tiempo total de prueba horas(HTO)	Confiabilidad = $\frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF}+\text{TMPR}}$	Disponibilidad = $\frac{\text{HTO}-\text{HP}}{\text{HTO}}$
Marzo	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	7	7	1,00	1,43	10	0,59	0,30
	1	2	2,00	10,00	10	0,83	0,80
	3	3	1,00	3,33	10	0,77	0,70
	3	3	1,00	3,33	10	0,77	0,70
	2	2	1,00	5,00	10	0,83	0,80
	5	5	1,00	2,00	10	0,67	0,50
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	6	6	1,00	1,67	10	0,63	0,40
	2	2	1,00	5,00	10	0,83	0,80
	5	5	1,00	2,00	10	0,67	0,50
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	10	10	1,00	1,00	10	0,50	0,00
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
1	2	2,00	10,00	10	0,83	0,80	
10	8	0,80	1,00	10	0,56	0,20	
A b r i l	1	3	3,00	10,00	10	0,77	0,70
	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,60
	1	5	5,00	10,00	10	0,67	0,50
	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,60
	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,60
	1	5	5,00	10,00	10	0,67	0,50
	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,60
	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,50
	1	5	5,00	10,00	10	0,67	0,50
M a y o	1	3	3,00	10,00	10	0,77	0,70
	1	3	3,00	10,00	10	0,77	0,70
	2	5	2,50	5,00	10	0,67	0,50
	1	2	2,00	10,00	10	0,83	0,80
	1	3	3,00	10,00	10	0,77	0,70
	1	2	2,00	10,00	10	0,83	0,80
	1	3	3,00	10,00	10	0,77	0,70
	2	5	2,50	5,00	10	0,67	0,50
	3	5	1,67	3,33	10	0,67	0,50
	3	5	1,67	3,33	10	0,67	0,50
junio	1	4	4,00	10,00	10	0,71	0,60
	2	7	3,50	5,00	10	0,59	0,30
	2	7	3,50	5,00	10	0,59	0,30
Julio	1	1	1,00	10,000	10	0,91	0,90
	2	3	1,50	5,00	10	0,77	0,70
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	2	2	1,00	5,00	10	0,83	0,80
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
Agos to	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
	1	1	1,00	10,00	10	0,91	0,90
Total	99	162			460	0,76	65%

Figura 28. datos de la variable independiente.

	Meses	TREN	Tipo Manten	Nº Inspecciones programadas	Nº Inspecciones corregidas	NºActividades de mantenimiento programado	NºActividades de mantenimiento ejecutado	TI Total Inspecciones	% Cumplimiento de Act Mante
A N T E S  D E L  P L A N	mar-22	Tren 14	3 meses	7	1	10	7	0,14	0,70
		Tren 26	1 mes	6	1	8	7	0,17	0,88
		Tren 27	4 meses	34	2	37	30	0,06	0,81
		Tren 28	1 año	60	5	128	115	0,08	0,90
	Tren 29	2 meses	25	1	42	35	0,04	0,83	
	abr-22	Tren 14	2 meses	25	0	42	37	0,00	0,88
		Tren 26	4 meses	34	4	37	33	0,12	0,89
		Tren 27	3 meses	7	1	10	6	0,14	0,60
		Tren 28	1 mes	6	1	8	7	0,17	0,88
	Tren 29	1 mes	6	1	8	6	0,17	0,75	
	may-22	Tren 14	1 mes	6	1	8	6	0,17	0,75
		Tren 26	3 meses	7	1	10	7	0,14	0,70
Tren 27		2 meses	25	3	42	38	0,12	0,90	
Tren 28		2 meses	25	2	42	39	0,08	0,93	
Tren 29	2 años	60	4	128	117	0,07	0,91		
D E S P U E S  D E L  P L A N	jun-22	Tren 14	2 años	60	2	128	120	0,03	0,94
		Tren 26	2 mes	6	1	42	40	0,17	0,95
		Tren 27	1 mes	6	1	8	8	0,17	1,00
		Tren 28	3 meses	7	1	10	10	0,14	1,00
	Tren 29	1 mes	6	0	8	8	0,00	1,00	
	jul-22	Tren 14	1 meses	25	2	8	7	0,08	0,88
		Tren 26	1 mes	6	1	8	8	0,17	1,00
		Tren 27	2 años	60	2	128	125	0,03	0,98
		Tren 28	4 meses	34	3	37	36	0,09	0,97
	Tren 29	2 meses	25	3	42	42	0,12	1,00	
	ago-22	Tren 14	2 meses	25	3	42	41	0,12	0,98
		Tren 26	2 años	60	3	128	126	0,05	0,98
Tren 27		1 mes	6	0	8	8	0,00	1,00	
Tren 28		1 mes	6	0	8	8	0,00	1,00	
Tren 29	3 meses	7	1	10	9	0,14	0,90		



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, AÑAZCO ESCOBAR DIXON GROKY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad en trenes Automatizados sin conductor GoA4 en la puesta en servicio Línea 2 Etapa 1A subterráneo Ate - Santa Anita 2022", cuyos autores son CAMPOS RODRIGUEZ RONAL SAMUEL, HUAMAN JURADO ALEJANDRO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
AÑAZCO ESCOBAR DIXON GROKY <b>DNI:</b> 08124462 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2729-1202	Firmado electrónicamente por: DGAESCOBAR el 06- 12-2022 19:21:33

Código documento Trilce: TRI - 0439223