



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIELES
PARA IZAJE DE MANTENIMIENTO ANUAL DE ENFRIADORES DE UNA PLANTA
TERMOELÉCTRICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: ALFREDO WILLIAM RIVERA CASTRO

TUTOR: ING. LUIS DANIEL CAAMAÑO GORDILLO, MSC.

Guayaquil – Ecuador

2023

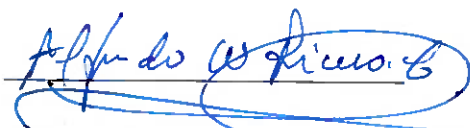
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alfredo William Rivera Castro con documento de identificación N°0905881272 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2023

Atentamente,



Alfredo William Rivera Castro

0905881272

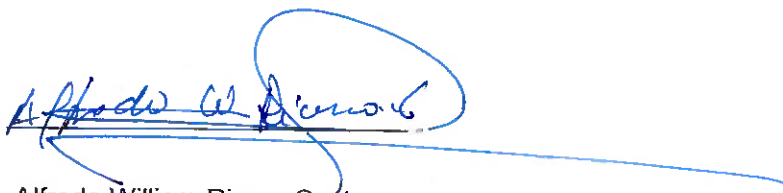
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Alfredo William Rivera Castro con documento de identificación No. 0905881272, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Diseño, construcción e implementación de un sistema de rieles para izaje de mantenimiento anual de enfriadores de una planta termoeléctrica", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2023

Atentamente,



Alfredo William Rivera Castro

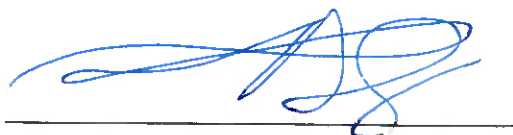
0905881272

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Daniel Caamaño Gordillo con documento de identificación N°0922618079, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "Diseño, construcción e implementación de un sistema de rieles para izaje de mantenimiento anual de enfriadores de una planta termoeléctrica", realizado por Alfredo William Rivera Castro, con documento de identificación N°0905881272, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Luis Daniel Caamaño Gordillo, MSc.

0922618079

DEDICATORIA

A mis padres, que a pesar de no estar conmigo físicamente, han sido siempre mi guía en cada paso que he tomado. Gracias a ellos he podido salir adelante ante cualquier adversidad o reto que se me ha presentado. Este trabajo es un logro más que comparto con ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad y los docentes por sus enseñanzas y su paciencia. Gracias por darnos una plataforma para poder demostrar nuestras aptitudes y mejorar como profesionales.

Agradezco a Dios por sus innumerables bendiciones y por guiarme durante todo este camino que ya culmina. A mi familia, que ha sido un pilar importante en mi vida, gracias por su apoyo y amor incondicional que me ha dado fuerzas para no rendirme nunca e inspirarme a ser una mejor persona cada día.

RESUMEN

Este proyecto técnico tiene como objetivo general el diseñar, construir e implementar un sistema de rieles para izaje del mantenimiento anual de enfriadores una Central Termoeléctrica. Debido a la complejidad del mantenimiento del sistema de enfriamiento, esta estructura debe ser desmontada por partes. En promedio este proceso tiene una duración de 45 días y debido al peso de las piezas se debe contratar una grúa de gran elevación. Como resultado, el mantenimiento del sistema de enfriamiento genera altos costos tanto en maquinaria como en mano de obra ya que esta debe ser especializada y también implica pérdidas significativas debido al tiempo que se debe para la producción durante dicho mantenimiento. En la actualidad los modelos de gestión de mantenimientos aplicados han demostrado ser factibles, ya que permite mejorar los valores de disponibilidad y eficiencia de los diferentes equipos que son parte del proceso de producción, al igual que la disminución de los costos de mantenimiento que supone el aumento de la rentabilidad de la empresa (García P. , 2006).

Debido a la carencia de estudios científicos relativos al tema como punto principal dentro del campo del mantenimiento preventivo, este proyecto buscó profundizar del análisis y estudio de esta problemática que conlleva a la necesidad de obtener respuestas a múltiples interrogantes y aún más importante a encontrar soluciones específicas e integrales en la disciplina de la mejora continua. Con el apoyo de esta investigación realizada, este proyecto diseñó un sistema de rieles para el izaje que permita disminuir el tiempo de mantenimiento, la complejidad y riesgos laborales que actualmente se presentan. En este se incluye también un diagrama del proceso para el diseño y creación del sistema de rieles y el análisis del costo beneficio en comparación con los costos generados por el proceso de mantenimiento actual.

Palabras Clave: diseño, sistema de izado, sistema de rieles para izaje, sistema de enfriamiento, procesos de mantenimiento.

ABSTRACT

The main objective of this technical project is to design, build and implement a rail system design for the annual maintenance of the cooling systems of a thermal power plant. Due to the complexity of the process of maintenance of the cooling system this structure must be disassembled into parts. On average, this process lasts 45 days and due to the weight of the pieces, it requires the rental of a high-lift crane. As a result, the maintenance of the cooling system generates high costs in both machinery and labor since it must be specialized. It also implies significant losses due to the time that production must be stopped during said maintenance. At present, the maintenance management models applied have proven to be feasible, since it allows to improve the values of availability and efficiency of the different equipment that are part of the production process, as well as the reduction of maintenance costs that the maintenance entails. increase in the profitability of the company (García P., 2006).

Due to the lack of scientific studies related to the subject as a main point within the field of preventive maintenance, this project sought to deepen the analysis and study of this problem that leads to the need to obtain answers to multiple questions and even more important to find specific solutions. and integral in the discipline of continuous improvement. With the support of this research, this project designed a rail system for hoisting that allows reducing maintenance time, complexity and occupational risks that currently occur. This also includes a diagram of the design and installation process of the rail system and the cost benefit analysis compared to the costs generated by the current maintenance process.

Keywords: design, lifting system, rail system, cooling system, maintenance processes.

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INDICE DE CONTENIDO	9
INDICE DE FIGURAS	12
INDICE DE TABLAS.....	13
GLOSARIO DE TÉRMINOS	14
INTRODUCCION	1
1. CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA.....	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCE	5
1.3. DELIMITACIÓN.....	9
Delimitación geográfica	9
Delimitación temporal.....	9
Delimitación del espacio.....	9

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA	9
Preguntas directrices.....	9
1.5. OBJETIVOS	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES ELECTRICAS	11
2.2. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	12
2.3. MANTENIMIENTO	12
2.4. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	13
2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO	14
2.6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	15
2.7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	16
2.8. SISTEMA DE RIELES PARA EL IZAJE	17
Clasificación de los puentes grúas	17
Componentes de los puentes grúas	18
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. METODOLOGÍA	20
Diagrama del proceso para el diseño y creación del sistema de rieles	20
3.2. SOLUCION PROPUESTA	21
Factores de influencia	21
Parámetros de las cargas.....	22

Cálculos para el levantamiento de cargas	23
Proceso de izaje.....	24
Diseño de la viga puente	26
Diseño de la viga testera	29
Diseño de la viga carrillera	30
Cálculo de los rieles	31
Métodos y Materiales	32
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	34
Construcción del sistema de rieles	35
Instalación del sistema de rieles	36
Prueba del sistema de rieles	37
CRONOGRAMA.....	42
PRESUPUESTO	43
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desmontaje de equipo con montacarga.....	6
Figura 2. Desmontaje de equipo utilizando herramientas manuales	6
Figura 3. Proyección de participación – grupos de consumo	8
Figura 4. Componentes de un puente grúa.....	18
Figura 6. Diagrama del Proyecto.	21
Figura 5. Diseño básico de la estructura	24
Figura 7. Diseño de la viga puente	26
Figura 8. Cálculo de las fuerzas cortantes	27
Figura 9. Cálculo de momento flector máximo	27
Figura 10. Dimensiones de la viga.....	28
Figura 11. Diseño de viga para izaje de sistema de enfriamiento	29
Figura 12. Construcción sistema de rieles	35
Figura 13. Instalación Sistema de rieles	36
Figura 14. Prueba manual sistema de rieles.....	37
Figura 15. Estructura implementada	38
Figura 16. Estructura implementada parte 2	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de rieles.....	32
Tabla 2. Recursos y Materiales.....	32
Tabla 3. Costos de Desmontaje – Método Anterior	39
Tabla 4. Costo del proyecto	40
Tabla 5. Análisis Método Anterior vs Sistema de Rieles.....	41
Tabla 6. Proyección costos - Método Anterior vs Sistema de Rieles	41

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Central termoeléctrica: Las centrales térmicas convencionales o termoeléctricas convencionales son aquellas que utilizan combustibles fósiles como el gas natural, carbón o fueloil con el fin de generar energía eléctrica mediante un ciclo termodinámico de agua-vapor. Se utiliza el término 'convencional' para poder diferenciarlas de las centrales térmicas de ciclo combinado y las centrales nucleares (Fundación Endesa, 2023). Estas centrales térmicas convencionales están compuestas de varios elementos que posibilitan la transformación de los combustibles fósiles en energía eléctrica. Sus componentes principales son:

Caldera: permite transformar la energía química en térmica, a través de la quema de combustible el agua es transformada en vapor.

Serpentines: a través de estas tuberías circula el agua que ha sido transformada previamente en vapor, se da el intercambio de calor entre los gases de la combustión y el agua.

Turbina de vapor: esta máquina está formada por un sistema de presiones y temperaturas, se encarga de recoger el vapor de agua y consigue que este mueva el eje que lo atraviesa. Esta turbina posee cuerpos de alta, media y baja presión lo que permite aprovechar al máximo el vapor generado.

Generador: esta máquina recibe la energía mecánica generada por la turbina de vapor y la transforma en energía eléctrica a través de inducción electromagnética.

Izaje de carga: El izaje de cargas consiste en una operación mecánica que permite levantar o mover objetos que no pueden ser transportados manualmente de manera segura y controlada (Ruda, 2015).

Tabla de carga: Es una tabla que trae cada grúa en la cual el fabricante especifica la capacidad de la grúa en función del largo de la pluma, ángulo de inclinación o del radio de giro con y sin JIB, indicando la capacidad segura. Esta tabla es fundamental para determinar si la

grúa a emplear sirve o no para la maniobra de la carga. La tabla es específica para cada grúa, no se debe modificar (Ruda, 2015)

Riesgo: Combinación de la probabilidad y la consecuencia de que ocurra un evento peligroso específico (OSHA, 2018).

INTRODUCCION

En la actualidad, la energía eléctrica tiene un rol muy importante dentro de la sociedad llegando a cubrir hoy en día el 20% de la demanda alrededor del mundo. De acuerdo con Consuelo Sánchez (2020), se estima que en el futuro la energía eléctrica ira adquiriendo un rol cada vez más relevante y se pronostica que para el 2040 este cubra el 24% de la demanda ya que existe un gran nivel de interés por desarrollar y perfeccionar los componentes, sistemas y métodos de instalación relacionados con la producción de energía.

Este interés en el desarrollo busca conseguir un mejor rendimiento y eficiencia por parte de las centrales eléctricas, resaltando que las centrales termoeléctricas son aquellas que generarán a futuro la mayor parte de la energía eléctrica utilizada a nivel mundial. Debido a esto, los modelos de gestión de mantenimiento tienen un impacto directo en el rendimiento de los equipos ya que proveen un mejor control de las máquinas que están involucradas en el proceso de producción, además de evitar pérdidas económicas a causa de fallas inesperadas que afectan el normal funcionamiento de las máquinas.

Estos modelos de gestión de mantenimiento son de gran importancia ya que representan un factor clave con el que se garantiza la competitividad de las empresas, ya que permiten crear estrategias que ayudan al buen funcionamiento de las máquinas, aumentando la disponibilidad de los motores (Tecnología para la Industria, 2018). Un buen modelo de gestión de mantenimiento permitirá mejorar las áreas de trabajo del personal que son parte del normal funcionamiento de una central termoeléctrica, además de fortalecer la relación que existe entre los diferentes equipos de trabajo, mejorando la planificación y optimizando los recursos existentes (Tecnología para la Industria, 2018).

En la actualidad los modelos de gestión de mantenimientos que han sido aplicados han demostrado ser factibles, ya que permiten mejorar los valores de disponibilidad y eficiencia de los diferentes equipos que son parte del proceso de producción al igual que la disminución de

los costos de mantenimiento que supone el aumento de la rentabilidad de la empresa (García P. , 2006).

En Ecuador, las centrales termoeléctricas corresponden al 30% de la capacidad instalada, cubriendo el 8.7% de la demanda interna (PRIMICIAS, 2023). En el 2021, la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) indicó que de las 21 termoeléctricas existentes, solo cinco se encontraban operando a su máxima capacidad, mientras que las otras 16 estaban operando con intermitencia. En ese año se ideó un plan para poder recuperar las termoeléctricas, plan que hoy en día aún no se ha podido completar debido a que estas centrales presentan algunos problemas como: deficiencias tecnológicas, problemas en el cumplimiento de los mantenimientos, costos operativos elevados, unidades obsoletas (PRIMICIAS, 2021).

Para el presente proyecto, se presenta el caso del mantenimiento del sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica, dicho mantenimiento consiste en el desmontaje de las piezas que llegan a pesar en promedio dos toneladas, este proceso se lo realiza de manera manual, por lo que se requiere el alquiler de una grúa montacargas para poder bajar las piezas. Esta forma de realizar el proceso no solo presenta costos muy elevados debido al alquiler de la maquinaria y el personal de apoyo que se requiere, también hace que el proceso sea ejecutado de manera poco eficiente, tomando un total de 45 días el poder realizar el mantenimiento. Esta forma de realizar el mantenimiento no solo atrasa la producción, también ocasiona un atraso en la planificación realizada con anterioridad. Adicional a esto, esta forma de desmontaje presenta un alto nivel de riesgos para el personal.

En el campo industrial, el sistema de rieles es uno de los métodos más eficientes para realizar los procesos de izaje para la elevación y movilización de carga pesada, pudiendo alzar cargas entre 1 a 500 toneladas (Silva & Morales, 2011). Por este motivo, se propone para la optimización del proceso de mantenimiento construir un sistema de rieles para izaje de manera

que reduzcan los tiempos de parada de equipo, riesgos de accidentes, eliminando costos de alquiler de equipos y costo de mano de obra especializada.

El proyecto contará con la siguiente estructura:

En el capítulo uno, denominado Problemática, se realiza una descripción del problema actual, indicando los antecedentes y causas que desencadenaron en el tema en cuestión, datos estadísticos y la incidencia en la sociedad. Se establece también la delimitación del trabajo investigativo, así como los objetivos que se establecieron para el desarrollo del mismo.

En el capítulo dos, denominado Marco Teórico, se hace una revisión de varias referencias vinculados al tema o problemática, interpretando el análisis realizado por diferentes autores con el fin de brindar un mejor entendimiento del presente trabajo.

En el capítulo tres, denominado Marco Metodológico, se establece el método de estudio empleado y se detallan los pasos que se siguieron para el desarrollo del proyecto y se describe la solución planteada.

En el capítulo cuatro, denominado Resultados, se explican los resultados obtenidos en base a la solución planteada en el capítulo anterior y como los resultados cumplieron con cada uno de los objetivos propuestos.

Para finalizar tenemos las Conclusiones y Recomendaciones, en estas hace un resumen de los resultados y puntos de vista más relevantes del proyecto y se incluyen recomendaciones para los futuros usuarios del presente proyecto.

1. CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA

1.1. ANTECEDENTES

Hoy en día, el Estado ecuatoriano cuenta con una matriz eléctrica formada por una alta participación de generación hidroeléctrica y una reducida generación termoeléctrica (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). Para el 2020, las centrales termoeléctricas que funcionan a través de Diesel, fuel oil y gas natural representan el 8% de la demanda interna, mientras que el porcentaje restante es producido por las hidroeléctricas (PRIMICIAS, 2020).

En el Gobierno de Rafael Correa, se planteó darle prioridad a la generación hidroeléctrica, poniendo a las termoeléctricas como un plan de respaldo (PRIMICIAS, 2020). Esta estrategia también se ve reflejada en el Plan Maestro de Electricidad (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), donde se hace énfasis en que el parque termoeléctrico formado por 36 centrales de generación sea eficiente, moderno y brinde un buen desempeño. También que las termoeléctricas al ser fuentes energéticas no renovables deben ser de uso complementario dentro de la matriz energética, dando preferencia a las fuentes renovables

Sin embargo, el parque termoeléctrico se encuentra en estado de deterioro, la falta de un plan de mantenimiento y tecnologías hace que las operaciones y los mantenimientos sean más costosos. De acuerdo con una entrevista dada por el Viceministro de Electricidad a el Diario Primicias (2020), existen varias falencias operativas y técnicas que afectan el desempeño del parque termoeléctrico como las deficiencias tecnológicas, centrales térmicas obsoletas y mantenimientos irregulares. En muchos casos estas centrales solo funcionan al 50% de su capacidad debido a estos problemas.

Para el 2021, CELEC creó un plan para recuperar la capacidad del parque termoeléctrico. También reporto que de las termoeléctricas existentes solo cinco de ellas está trabajando al 100% de su capacidad, estas son: Miraflores, Manta II, Quevedo II, Enrique García y Gonzalo

Zevallos. Mientras que las restantes se encuentran funcionando de manera intermitente (PRIMICIAS, 2021).

1.2. IMPORTANCIA Y ALCANCE

En las Centrales Termoeléctrica del Ecuador, con el afán de mejorar la calidad y eficiencia en los procesos de mantenimiento de los sistemas de enfriamiento de las centrales se ha visto en la necesidad de desarrollar un sistema que permita desmontar la estructura de los mismos para lograr una mejor gestión de dicho proceso.

En el proceso de desmontaje, las partes y piezas tienen un peso considerable por lo que para poder realizar las labores de mantenimiento se incurren en costos para la contratación de una grúa de gran elevación. Por lo expuesto se pretende optimizar el proceso de mantenimiento utilizando un sistema de izaje de manera que se reduzcan los tiempos de parada de equipo, riesgos de accidentes, costos de alquiler de equipos y costo de mano de obra especializada. La necesidad de la construcción de una estructura de izaje para desmonte se toma por el alto riesgo de un accidente, los elementos a desmontar pesan en promedio dos toneladas.

Actualmente este proceso se lo realiza de manera anti técnica con estrobos de cable en mal estado, tecles de una tonelada y equipos obsoletos; se trabaja de una manera no ergonómica. Adicional a esto, el tiempo del desmontaje es muy largo concluyendo a la par con el arranque de la unidad. En la Figura 1, se muestra el momento en que se separa una pieza de la estructura del enfriador para realizar el debido mantenimiento y en la Figura 2, se muestra el instante en que se utiliza herramienta manual para separar las piezas del enfriador.

Figura 1. Desmontaje de equipo con montacarga



Fuente: Autor (2023).

Figura 2. Desmontaje de equipo utilizando herramientas manuales



Fuente: Autor (2023).

Este mantenimiento se realiza en un promedio de 45 días y en repetidas ocasiones se de manera atrasada con respecto al cronograma. Se prevé que con la propuesta este proceso se

lo pueda realizar en 28 días en conjunto con las demás áreas que necesiten apoyo, en algunos casos se lo realiza manualmente y con montacargas.

A pesar de solo cubrir una parte pequeña de la demanda eléctrica, las centrales termoeléctricas se consideran elementos claves sobre todo en las épocas de sequía donde las hidroeléctricas no pueden funcionar en su máxima capacidad debido a la baja corriente en los caudales de los ríos. Esta temporada se puede extender desde el mes de noviembre hasta marzo, por lo que la recuperación de las termoeléctricas tanto en sus operaciones como planes de mantenimiento es vital para evitar que existan cortes de energía durante estos meses.

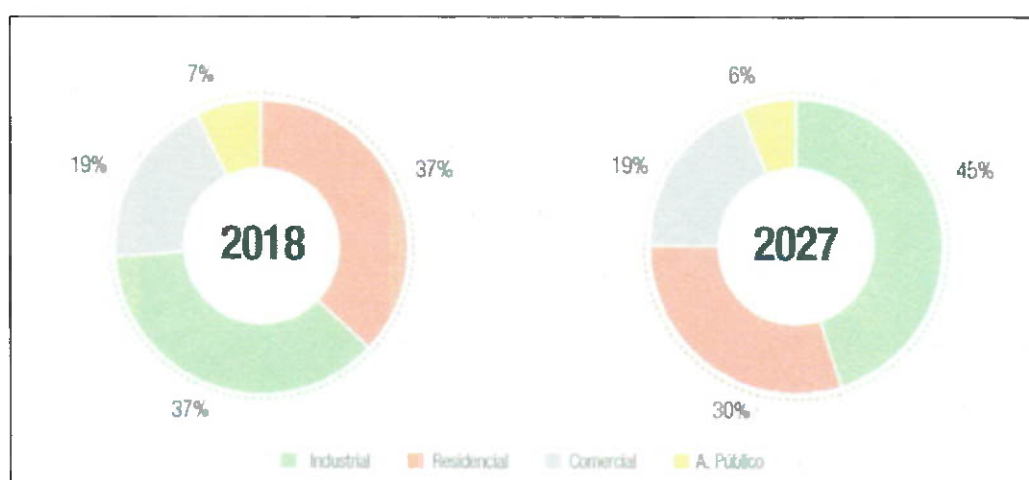
De acuerdo con un reporte de CELEC (PRIMICIAS, 2022), Ecuador está pasando por uno de los peores estiajes; el estiaje, el cual es causado por la falta de lluvias o la sequía se da entre los meses de octubre a marzo. En el 2021 las hidroeléctricas pudieron cubrir el 90% de la demanda durante de este período, sin embargo, en el 2022 estas solo pudieron cubrir el 75% de la demanda. Esta caída en la electricidad generada por las centrales hidroeléctricas en diciembre del 2022, requirió que la producción de energía en las termoeléctricas se aumente en un 238% y recurrir a la importación de electricidad desde Colombia.

Debido a esta problemática, el presente trabajo de investigación plantea una solución relevante dentro del campo del mantenimiento preventivo. Además, el aporte investigativo que representa este proyecto técnico es una justificación más en términos de profundización del análisis y estudio de esta problemática que conlleva a la necesidad de obtener respuestas a múltiples interrogantes y aún más importante a encontrar soluciones específicas e integrales en la disciplina de la mejora continua.

De acuerdo con el Plan Maestro de Electricidad (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), la demanda en el sector energético se lo clasifica también por grupos de consumo, entre los cuales tenemos: los usuarios residenciales, usuarios

industriales, usuarios comerciales, alumbrado público y otros. En base a una proyección realizada en el Plan Maestro de Electricidad (Figura 3) sobre la participación de los grupos de consumo de energía, se estima que para el 2027, el sector industrial crecerá del 37% al 45%, el sector comercial se mantendrá con el 19% de participación, mientras que el sector residencial presentará una disminución del 37% al 30%.

Figura 3. Proyección de participación – grupos de consumo



Tomado de: Plan Maestro de Electricidad, 2020.

Por lo tanto, la gestión de mantenimiento beneficia tanto a los diferentes grupos de consumo de energía eléctrica como a la central termoeléctrica. Cabe indicar que no es solo la empresa en sí, sino también el personal que labora en las diferentes áreas que intervienen en el proceso de producción; en especial el personal del área de operación, ya que al tener una buena capacitación tendrán la capacidad detectar posibles anomalías de las máquinas y ayudar a los técnicos de mantenimiento a encontrar rápidamente las posibles fallas.

Estas acciones oportunas ayudaran a minimizar los tiempos de reparación de las máquinas, disminuyendo los tiempos de indisponibilidad de los equipos, además de fomentar en el personal la capacidad de manejar el mismo lenguaje técnico. Los modelos de gestión

fortalecen el trabajo en equipo, además de incentivar al personal a desarrollar las actividades y acciones bajo un criterio técnico

1.3. DELIMITACIÓN

Delimitación geográfica

Este proyecto va a ser realizado en la ciudad de Guayaquil, ubicado en la provincia del Guayas.

Delimitación temporal

El tiempo que se estima para el desarrollo del presente proyecto de investigación es de 2 meses, el cual incluye la etapa de investigación y redacción del presente documento, así como la aprobación de los mismos hasta la presentación final.

Delimitación del espacio

El presente proyecto esta creado en base a las necesidades actuales de la infraestructura de las centrales termoeléctricas, específicamente, en el área de mantenimiento. El proyecto está enfocado en proveer una solución al problema actual de los procesos relacionados con esta área en particular.

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Qué se puede diseñar e implementar para mejorar el mantenimiento anual de enfriadores de una planta termoeléctrica?

Preguntas directrices

- ¿Cuál es la situación actual del proceso de mantenimiento en las centrales termoeléctricas?

- ¿Cuáles son los procesos que se implementan dentro de la gestión del mantenimiento en las centrales termoeléctricas?
- ¿Qué tan eficiente es el actual proceso de mantenimiento y como afecta a las personas y usuarios involucrados en su generación y consumo?
- ¿Qué son los sistemas de rieles y cómo lo podemos implementar dentro del presente proyecto?

1.5. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar, construir e implementar un sistema de rieles para el izaje del proceso de mantenimiento anual de los enfriadores de una Central Termoeléctrica.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el diagrama del proyecto para la implementación del sistema de rieles .
- Diseñar un sistema de rieles para izar que permita minimizar los riesgos laborales, costos operativos y tiempos de parada del proceso de mantenimiento de la central termoeléctrica.
- Construir el sistema de rieles para el izaje del proceso de mantenimiento anual de los enfriadores de la central termoeléctrica.
- Comparar costos/beneficio en el proceso de mantenimiento del anterior sistema con el nuevo sistema de izado

2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES ELECTRICAS

La energía térmica también conocida como energía termoeléctrica, consiste en aquella energía eléctrica que es generada a través del calor proveniente de la combustión del petróleo, el carbón y el gas natural (Vega & Ramírez, 2014). Las centrales eléctricas transforman la energía mecánica del eje en una corriente eléctrica trifásica y alterna. El generador conecta el eje que atraviesa los diferentes cuerpos. En las centrales térmicas convencionales, el combustible se quema en una caldera provocando la energía térmica que se utiliza para calentar agua, que se transforma en vapor a una presión muy elevada. Después, ese vapor hace girar una gran turbina, convirtiendo la energía calorífica en energía mecánica que, posteriormente, se transforma en energía eléctrica en el alternador (Fundacion Endesa, 2023)

La electricidad pasa por un transformador que aumenta su tensión y permite transportarla reduciendo las pérdidas por Efecto Joule. El vapor que sale de la turbina se envía a un condensador para convertirlo en agua y devolverlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor (Chavez, 2012).

El funcionamiento de las centrales térmicas convencionales es el mismo independientemente del combustible que utilice. Sin embargo, sí que existen diferencias en el tratamiento previo que se hace del combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas. En las centrales de fueloil, el combustible se calienta, mientras que en las de gas natural, el combustible llega directamente por gaseoductos, por lo que no necesita almacenaje previo. En el caso de las centrales mixtas, se aplica el tratamiento que corresponda a cada combustible (Ccoyo, 2021).

2.2. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En las centrales termoeléctricas, el agua es utilizada para el proceso de enfriamiento de las mismas, lo cual sirve para proteger al equipo y aumentar la eficiencia. La cantidad de agua que requieren las centrales eléctricas dependen de varios factores, principalmente del tipo de combustible que utilicen, el diseño de las turbinas, la tecnología del sistema de enfriamiento y el clima.

Los tres métodos de enfriamiento más comunes son el circuito abierto, circuito cerrado y enfriamiento por aire. En el enfriamiento de circuito abierto se extrae un gran volumen de agua, el cual pasa a través de la central eléctrica y regresa a la fuente original en menor cantidad debido a la evaporación ocasionada durante el proceso. Por otro lado, el enfriamiento de circuito cerrado las torres extraen el agua y la ponen a circular hasta que esta se evapora, esta evaporación produce el enfriamiento (Resourcefulness, 2023). En el caso de este proyecto, la central termoeléctrica que se toma como referencia posee un sistema de enfriamiento de circuito cerrado que utiliza agua desmineralizada para enfriar los sistemas, y este a su vez es enfriado por agua de mar.

2.3. MANTENIMIENTO

De acuerdo con Francisco Martínez (2023), se describe al mantenimiento como aquella función que se encarga del control y revisión del estado de instalaciones de cualquier naturaleza, desde productivas, auxiliares o de servicios. El mantenimiento es un conjunto de acciones que permiten conservar o restaurar una instalación, entre las actividades que puede incluir la función del mantenimiento están: prevención o corrección de daños o averías, evaluación del estado actual y costos.

Para poder realizar un mantenimiento adecuado, Martínez expresa que es fundamental tomar en cuenta las especificaciones y otros documentos técnicos ya que estas nos sirven

como punto de referencia al momento de que el personal realice el mantenimiento. Dentro de las actividades principales que se derivan de los procesos de mantenimiento tenemos:

- La revisión permanente o periódica
- Acciones de carácter preventivo
- Acciones correctivas o de reparación
- Reemplazo de piezas o de maquinaria.

2.4. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede abarcar distintas actividades dependiendo de su categoría, sin embargo, los objetivos de este proceso se mantienen implícitos sin importar de que sistema industrial estemos hablando (SICMA21, 2021):

- Controlar costos y presupuesto: el personal responsable del mantenimiento deber tener asignado un presupuesto para cubrir todos los recursos necesarios tanto para los mantenimientos programados como para los de emergencia o correctivos.
- Minimizar errores y retrasos/paros en la producción: una buena gestión del mantenimiento debe maximizar la disponibilidad de la maquinaria, evitando as la aparición de cualquier fallo o desperfecto que puedan causar interrupciones en la producción. Estos mantenimientos deben ser programados con anticipación para evitar cualquier retraso y en el caso de ser una reparación de emergencia esta debe ser realizada con rapidez.
- Prolongar la vida útil de la maquinaria y los equipos: el tener una programación de los mantenimientos y cumplirlos acorde a las fechas establecidas, permite que las maquinas se mantengan en buen estado y duren más tiempo.
- Mejorar la calidad del producto: una maquina o equipo en buen estado entrega un producto de calidad.

- Cumplir las normativas: las tareas o actividades de mantenimiento también deben realizarse con el fin de cumplir las normas y/o regulaciones gubernamentales. Desde la frecuencia de los mantenimientos hasta la cantidad de personal requerida para los mismos, es importante cumplir con estos requisitos para evitar tener complicaciones legales en el futuro.
- Seguridad del personal: una gestión eficiente de los mantenimientos no solo permite brindar más seguridad al personal encargado del área sino también al personal de los demás departamentos. Es importante también que el personal este capacitado sobre el funcionamiento de cada máquina y los protocolos que deben seguirse diariamente y en caso de emergencias.

2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Correctivo: consiste en el conjunto de actividades que se encarga de arreglar o corregir las fallas que se van presentando en los diferentes equipos o maquinarias (Sanchez Naranjo, 2020).

Mantenimiento Preventivo: consiste en las actividades de mantenimiento que son programas por anticipado en aquellos puntos más vulnerables. El mantenimiento preventivo es de carácter sistemático, ya que este se da a pesar de que el equipo no presente ninguna falla o desperfecto (Oñate, 2017).

Mantenimiento Predictivo: es aquel que permite conocer permanentemente del estado actual de las maquinarias, así como su nivel de operatividad en todo momento. Esto se da a través de la revisión de ciertas variables como temperatura, vibración, consumo de energía, etc.); al haber variaciones en estos indicadores se puede determinar si existen problemas en los equipos. Este mantenimiento es más avanzado ya que apoya en la tecnología y en conocimientos técnicos más avanzados (García S. , 2003).

Mantenimiento Cero Horas: este mantenimiento tiene como objetivo principal el realizar los equipos o maquinarias en intervalos previamente programados cuando la fiabilidad del equipo ha alcanzado un nivel en el que es difícil poder realizar previsiones sobre su capacidad (Campos, 2017). En esta revisión se reemplazan o reparan aquellas piezas o partes desgastadas y dejando al equipo o maquinaria a cero horas de funcionamiento, como si se tratara de un equipo nuevo (Mora, 2009).

Mantenimiento En Uso: consiste en un mantenimiento que requiere de pocos conocimientos breves y es realizado por lo general, por los mismos usuarios del equipo. Esto puede ser la toma de datos, inspecciones, limpieza, lubricación, entre otros. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Mantenimiento Productivo Total) (Díaz Navarro, 2010).

2.6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en la revisión que permite prevenir las fallas o errores de un equipo o maquinaria. Este mantenimiento es planificado y tiene lugar incluso si el equipo se encuentra en estado operativo. Los mantenimientos preventivos pueden ser tan simples como una limpieza de filtros, inspecciones visuales o lubricación de piezas o actividades más complejas como procesos de calibración o medición, revisión de fugas, entre otros (García O., 2012).

El mantenimiento preventivo se lo puede dividir en general en dos tipos principales:

Basado en el tiempo: consiste en revisiones periódicas las cuales son previamente planificadas, independientemente del tiempo de utilización o el estado del equipo o maquinaria.

Basado en la utilización: este mantenimiento sí toma en cuenta la utilización del equipo o maquinaria para determinar el proceso y el intervalo de tiempo que estos deben realizarse.

Oliverio García (2006), indica como cualquier programa de mantenimiento preventivo que sea elaborado y ejecutado apropiadamente brindara múltiples beneficios que sobrepasaran los costos. Entre algunas de las ventajas que ofrece este tipo de mantenimiento, se menciona:

- Disminución en el número de paradas que se puedan ocasionar de manera imprevista en las maquinarias o equipos.
- Menor requerimiento de personal debido a la baja frecuencia en las reparaciones.
- Reducción de pagos por tiempo extra al personal, lo cual se origina en casos de imprevistos.
- Mejor aprovechamiento de los recursos, ya que los mantenimientos son programados y no debido a fallas o emergencias.
- Reducción de costos de mantenimiento, mano de obra y materiales.
- Aplazamiento de reemplazo de equipos, debido a que estos se conservan de mejor manera y su vida útil se extiende.
- Tener las maquinas en buen estado permite brindar un producto final de mejor calidad.
- Mas seguridad para el personal y los operarios.

2.7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es aquel que está a cargo de arreglar las fallas o desperfectos que se presentan en los equipos o maquinarias una vez que estos se presentan. Esta actividad no está contemplada dentro de los planes de mantenimiento, por lo que pueden ocurrir atrasos en la producción debido a la falta de piezas o repuestos, también puede darse el caso de no contar con un técnico disponible para resolver el problema .

Debido a esto, los mantenimientos correctivos suelen tener un mayor costo para las empresas y una disminución en la productividad debido a que la maquinaria o el equipo se

encuentran fuera de servicio. García (2006), indica que el mantenimiento correctivo se puede clasificar en base a las circunstancias y políticas de la compañía:

- Mantenimiento correctivo centralizado: funciona bajo una sola jefatura, lo que facilita las tareas de supervisión y capacitación, permita una mejor distribución de las labores y los tiempos
- Mantenimiento correctivo descentralizado: requiere de personal de cada área de la empresa, lo que permite una atención más rápida a las fallas, pero al mismo tiempo representa más costos.

2.8. SISTEMA DE RIELES PARA EL IZAJE

El sistema de rieles, también llamado puente grúa, es un equipo que lo utiliza para el izaje de cargas que no pueden ser realizados por una persona debido a su peso y volumen. Estos son considerados de gran utilidad ya que ofrecen versatilidad de movimientos, lo cual permite el traslado de las cargas a diferentes puntos de acuerdo a la necesidad. Estos sistemas cuentan con un sistema de control que puede ser manejado a través de una cabina p por un operador y suelen ser diseñados con materiales estipulados en los requerimientos estructurales de las normas, entre ellos están el ASTM A572 Gr 50, GGG70 (ruedas de hierro nodular), el ASTM A36, el cual será utilizado en el presente proyecto; entre otros.

Clasificación de los puentes grúas

De acuerdo con Richard Villón y Natali Naranjo (2016), los puentes grúas o sistemas de rieles se los puede clasificar en cuatro categorías:

Puente grúa Monorraíl: ideal para utilizar en lugares donde el espacio es limitado, utilizado principalmente en procesos de producción con una única ruta fija, como el traslado de materia prima hacia estaciones de trabajo determinadas

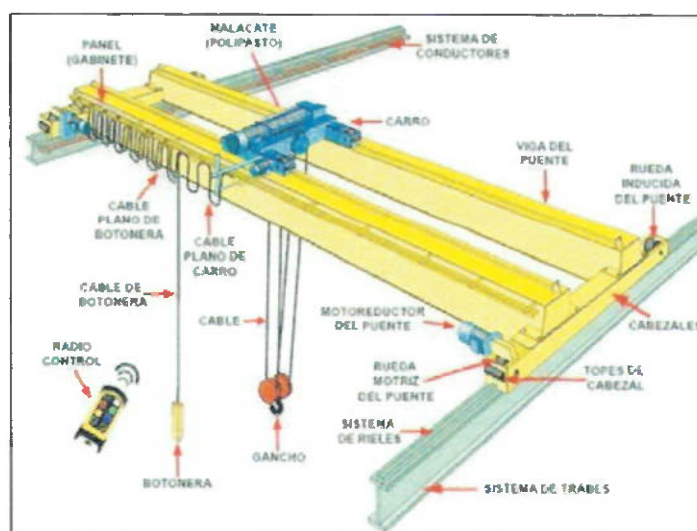
Puente grúa Birriel: estos se emplean para cargas más pesadas, compuestas por dos vigas puentes que permiten apoyar y desplazar un carro que contiene un polipasto en la parte superior. A diferencia del anterior, el gancho puede alcanzar una mayor elevación.

Puente grúa Pórtico: estos se emplean para trabajos realizados en exteriores, compuestas de columnas soportadas sobre ruedas, las cuales se desplazan en railes instalados en el suelo. Este puente grúa es para estructuras más complejas y procesos de alto nivel.

Puente grúa Semi-portico: a diferencia del puente grúa anterior, solo uno de los extremos se apoya en una estructura fija. Su utilidad es similar al puente grúa pórtico.

Componentes de los puentes grúas

Figura 4. Componentes de un puente grúa



Tomado de: ProElevación, 2021.

De acuerdo con Silva y Morales (2011), dentro de los componentes principales que forman parte de un puente grúa, se encuentran:

Viga principal: también denominada viga puente, consiste en el elemento más importante de un puente grúa, ya que es el encargado de soportar la carga y los componentes que realizan el proceso de elevación. Esta viga es sometida a movimientos de flexión.

Viga carrilera: soporta las cargas producidas por el movimiento longitudinal del sistema de rieles.

Viga testera: son las vigas que se encuentran de manera perpendicular con respecto a la viga puente. En esta viga se instalan las ruedas que irán montadas sobre las vigas carrileras.

Carro: es el elemento que sujeta el polipasto para así poder permitir el movimiento de la viga transversal. Posee un mecanismo de elevación, transporte y desplazamiento-

Polipasto: este es un mecanismo encargado de levantar la carga, formado por dos conjuntos de poleas, una fija y otra móvil.

De acuerdo con Geovanny Jaramillo (2018), dependiendo del tipo de puente grúa que se utilice, los componentes también pueden ser:

- Motor de translación
- Equipamiento eléctrico del carro o trolley
- Equipamiento eléctrico del puente grúa
- Mando de control
- Gancho
- Ruedas
- Topes o bumpers

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA

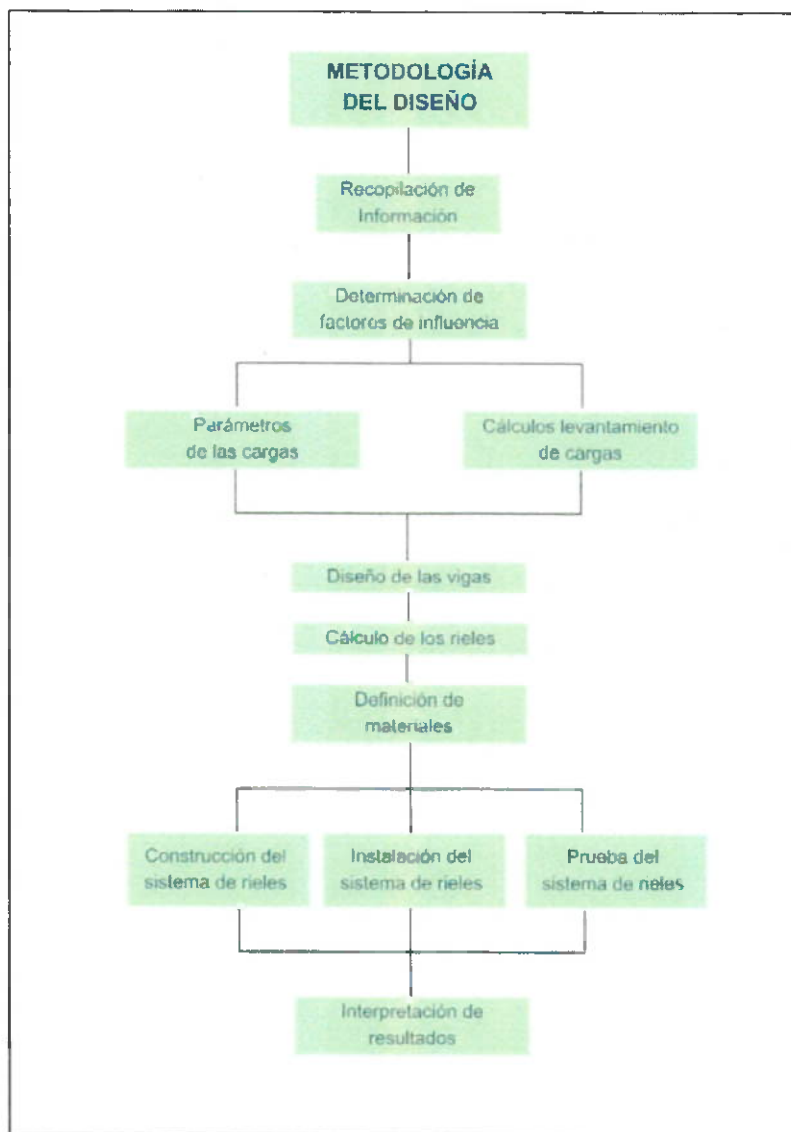
Para el desarrollo de este proyecto se determinó utilizar el método descriptivo y método analítico. El método descriptivo es un método eficaz para recolectar datos durante un proceso de investigación, identificando variables y la relación que existe entre ellas con el fin de brindar nuevas teorías o conceptos que aporten a ampliar el conocimiento (Guevara et al., 2020)

El método analítico es aquel que permite una descomposición del objeto de estudio con el fin de poner analizar las causas y los elementos que la componen, a través de este método se pueden generar datos que nos permiten verificar un razonamiento (Levin, 2016). Este método de análisis es el ideal para este tipo de proyecto que busca aportar al mejoramiento continuo de los procesos de mantenimiento, solo a través de la ejecución de los procesos y sus resultados, podemos buscar soluciones o definir adecuar los procesos para que estos sean más eficaces.

Diagrama del proceso para el diseño y creación del sistema de rieles

En el siguiente diagrama se describen las etapas del proceso para la elaboración del sistema de rieles:

Figura 5. Diagrama del Proyecto.



Elaborado por: Autor (2023).

3.2. SOLUCION PROPUESTA

Factores de influencia

A continuación, se detallan todos los factores que tuvieron incidencia durante el diseño y desarrollo del sistema de rieles (Villón & Naranjo, 2016):

Entorno: el lugar donde va a ser implementada la propuesta es un factor relevante, ya que del lugar de aplicación tenemos que considerar variables como: altura del ápice y la elevación de izaje.

Cargas: tomar en cuenta los elementos que van a ser cargados y transportados por el sistema de rieles y su peso es crucial para los parámetros matemáticos a realizarse para el diseño de la propuesta.

Costos: se toman en cuenta los costos de los materiales y los costos de fabricación en caso de requerirse para el diseño propuesto y lo que esté disponible en el mercado.

Parámetros de las cargas

Los cálculos matemáticos y físicos son la base principal para poder definir un izaje de cargas seguro y confiable. Antes de realizar cualquier prueba o ejecución, es fundamental que la persona a cargo de dirigir y planificar el izaje tenga las herramientas necesarias para realizar dichos cálculos. Dentro de los parámetros que se consideran dentro de este proceso, Rafael Ruda (2015), menciona:

Peso: El peso es la fuerza con el que los objetos son atraídos hacia la tierra debido a la gravedad y su fórmula se puede definir como el producto de la masa por la aceleración de la gravedad, $w = mg$. Puesto que el peso es una fuerza, su unidad es el Newton.

Masa: La masa es una medida fundamental que permite determinar la cantidad de materia que posee un objeto. El símbolo usual de la masa es m y su unidad es el kilogramo.

Volumen: El volumen es el espacio que ocupa un objeto, definido bajo tres dimensiones: largo, ancho y altura. La unidad de medida que representa al volumen es el metro cúbico.

Densidad: La densidad es la relación entre la masa y el volumen de un objeto, mientras más masa exista en una cantidad de volumen determinado, el objeto posee una mayor densidad.

Centros de gravedad: El centro de gravedad (CG), es el lugar donde el objeto es atraído por la fuerza de gravedad.

Cálculos para el levantamiento de cargas

Se tomará en consideración para el diseño, una viga de tipo cajón cuyas dimensiones transversales serán de $b=378$ mm y $h=579$ mm, que será sometida a cargas de flexión, torsión, flexo torsión por efecto tanto de fuerzas inerciales como la carga que se encuentra en izaje. Para la distancia entre columnas se tomará una distancia entre columnas de 5 metros.

Las ecuaciones principales que serán utilizadas son:

$$\sum FY=0$$

$$RA + RB - W = 0$$

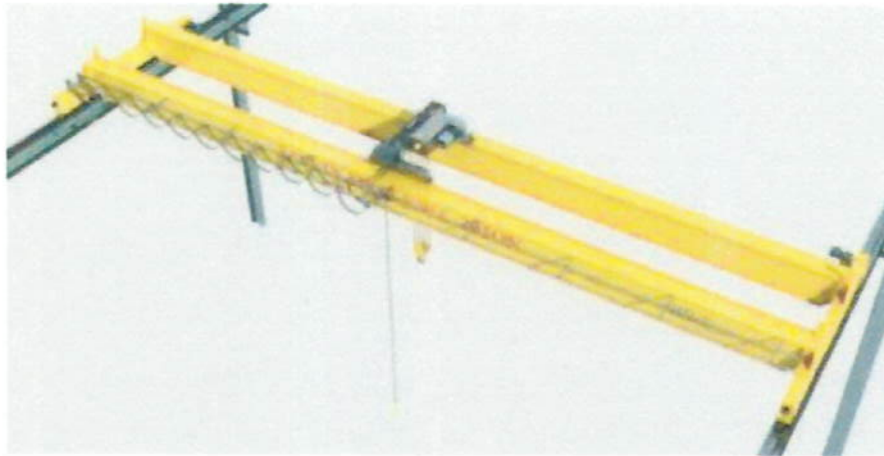
Siendo:

RA: Reacción en el primer extremo "A" de la viga

RB: Reacción en el segundo extremo "B" de la viga

W: Carga total, tomando en consideración carga muerta, carga de izaje, fuerzas inerciales, carro, carga de viento, carga de colisión, y otras cargas extraordinarias.

Figura 6. Diseño básico de la estructura



Fuente: Autor (2023).

Proceso de izaje

El proceso de izaje se realiza a través de un puente grúa o sistema de rieles, como también se lo suele denominar. Desde el punto de vista del análisis estructural, este sistema se basa en los principios fundamentales de la ingeniería para garantizar la manipulación de cargas de manera eficiente y sobre todo segura. Los sistemas de rieles o puentes grúa son producto de la combinación del análisis estructural y la tecnología, permitiendo crear un proceso de elevación fiable en los sectores industriales y en los operativos de mantenimiento (MHI, 2023).

Este proceso de izaje inicia con el análisis estructural para definir la capacidad de la viga principal del puente grúa y consecuentemente los otros elementos que la componen. Para garantizar que la estructura sea capaz de soportar las cargas inherentes sin traspasar los umbrales de resistencia preestablecidos, los materiales a seleccionarse deben ser de alta resistencia y la configuración de las secciones transversales debe ser la adecuada, así como los cálculos de las tensiones, esfuerzos y deformaciones.

El sistema de izaje también se basa en los principios de mecánica para el diseño y disposición de los sistemas de poleas y cables. Se debe calcular de manera meticulosa y

detallada la distribución de las fuerzas y la configuración geométrica de los cables para que estos puedan realizar un proceso de elevación uniforme. Para garantizar la integridad de este proceso, parámetros como la máxima tensión admisible de los cables y la capacidad de los mecanismos de frenado son determinantes (CMAA, 2010).

Por otro lado, tenemos la automatización y los sistemas de control electrónicos. En esta etapa convergen los análisis realizados previamente con la tecnología disponible con el fin de brindar mayor precisión y seguridad al proceso. Se realiza la implementación de sensores y sistemas de monitoreo en la parte interna de la grúa, lo cual permite el seguimiento en tiempo real de variables cruciales como la carga actual, la tensión de los cables y la posición. Esto permite prevenir situaciones de sobrecarga y asegura un proceso de izaje controlado (Chavarría, 2023)..

En el contexto de las actividades de mantenimiento, consiste en evaluaciones periódicas de las condiciones de la viga puente, los rieles de soporte y demás componentes fundamentales. Con la práctica del mantenimiento preventivo se puede identificar tempranamente cualquier indicio de corrosión, deformación o falla que pueda amenazar con la seguridad y el rendimiento del sistema de rieles.

Todas estas etapas del proceso de izaje, nos indican la importancia de la aplicación correcta y detallada del análisis estructural y sus principios esenciales tanto en el diseño, análisis y operación de este tipo de sistemas o estructuras. Esto en combinación con la tecnología disponible nos lleva un paso más allá para garantizar que todo el proceso sea ejecutado con eficiencia y seguridad, permitiendo lograr una continuidad en las operaciones y realizar los mantenimientos preventivos en el tiempo adecuado.

Diseño de la viga puente

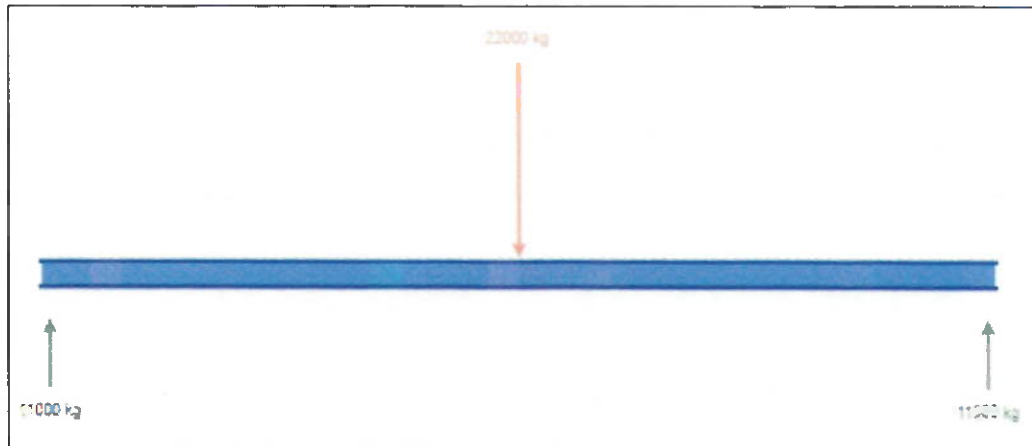
Se ha considerado una carga máxima de izaje de 4400 lb (2 Toneladas), en función del equipamiento a ser sometido a cargas de izaje que representan el 10% de la capacidad de carga máxima (44000 lb). El peso de la grúa representará el 15% de dicha carga máxima (6600 lb), y se considerará una longitud de grúa de 12 metros (aprox. 40 pies). El material se ha considerado que será Acero ASTM A36 con una capacidad de resistencia de fluencia de 25000 psi.

$$\Sigma FY=0$$

$$RA + RB - W = 0$$

$$W = 44000 \text{ lbs. (22000 kg)}$$

Figura 7. Diseño de la viga puente



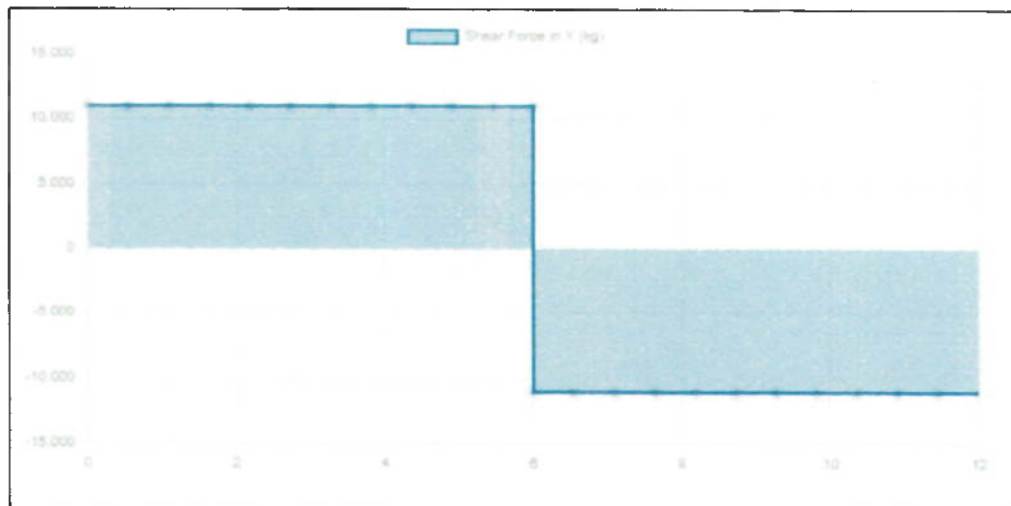
Elaborado por: Autor (2023).

$$RA = 22000 \text{ lb (11000 kg)}$$

$$RB = 22000 \text{ lb (11000 kg)}$$

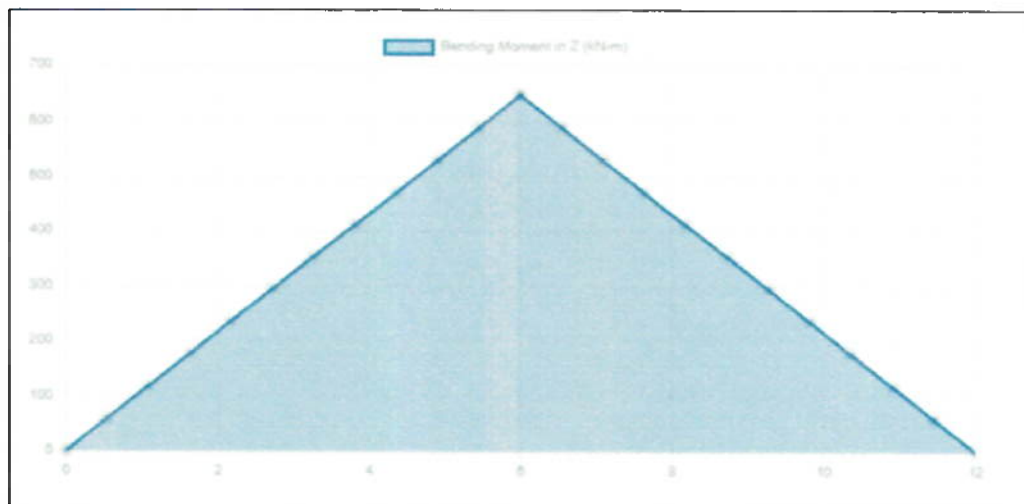
Cálculo de Fuerzas Cortantes:

Figura 8. Cálculo de las fuerzas cortantes



Elaborado por: Autor (2023).

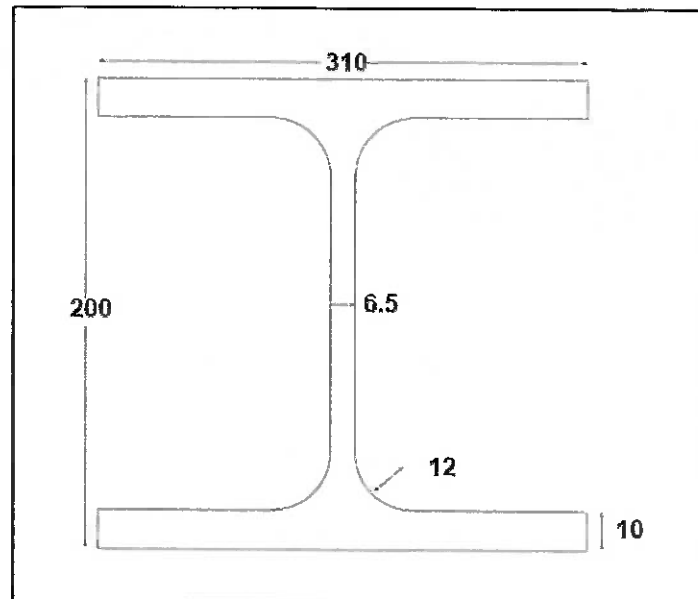
Figura 9. Cálculo de momento flector máximo



Elaborado por: Autor (2023).

Considerando los diagramas de fuerzas cortantes y momento flector, se ha considerado una viga con las siguientes dimensiones:

Figura 10. Dimensiones de la viga



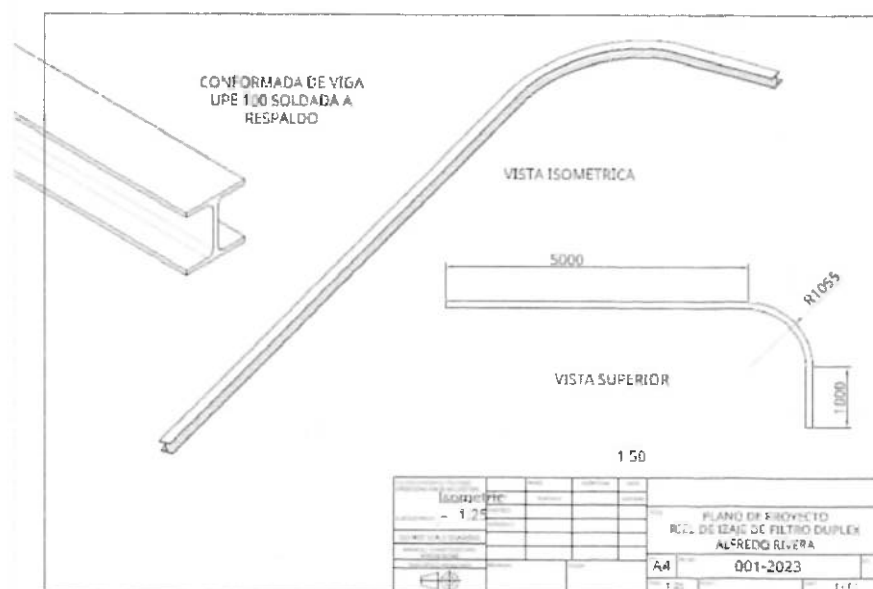
Elaborado por: Autor (2023).

Para validar los resultados obtenidos analíticamente en el diseño de los elementos estructurales que conforman el puente grúa, se puede realizar un análisis utilizando un software comercial de elementos finitos ANSYS.

En la primera etapa que consiste en el diseño de la geometría, para simular la viga puente se generará a partir de un boceto con herramienta CAD de ANSYS, a continuación, con la herramienta *Extrude* se obtendrá un sólido en 3D. En la selección del material con la opción *Engineering Data* se asignará el material del sólido el cual será acero estructural A-36, el mallado a partir de modelo en donde se mejora la calidad con la herramienta *Patch Conforming Method* se seleccionan patrón de la malla de tipo tetraedros.

El siguiente paso será determinar las condiciones del contorno, que para la simulación de las vigas puente, se procede a colocar apoyos con del comando *Displacemt* sobre las aristas de los extremos, con restricciones en las coordenadas xyz de esta manera se simulara una viga simplemente apoyada y con el comando *Force* se colocarán en dirección del eje y valores de la carga que serán el peso de lo que se desea levantar.

Figura 11. Diseño de viga para izaje de sistema de enfriamiento



Elaborado por: Autor (2023).

Diseño de la viga testera

Se requiere iniciar el proceso identificando los requisitos de carga, alcance y capacidad del puente grúa. Luego se requerirá introducir las cargas máximas que la viga testera deberá soportar, como el peso máximo de los equipos a izar y cualquier carga adicional, como la carga muerta de la viga misma y los rieles. Además, se necesita conocer también el alcance necesario del puente grúa, es decir, la distancia entre los rieles. Esto proporcionará la base para el diseño estructural.

La viga testera necesitará materiales apropiados, considerando propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, compresión y flexión. Se procederá a calcular las cargas máximas, incluidas las cargas estáticas y dinámicas, así como los momentos de flexión y las fuerzas de corte. Para la viga testera se requiere seleccionar la forma de la sección y dimensiones adecuadas para soportar las cargas de manera segura y eficiente. En este caso

se opta por las mismas vigas seleccionadas en perfiles en "I" o "H" debido a su capacidad para resistir momentos de flexión y cargas axiales.

Diseño de la viga carrillera

Se aplicará los datos específicos para la geometría, selección de material, condiciones de contorno. Se presentarán en la ejecución de simulación y resultados el diagrama de cargas cortantes, de igual manera el diagrama de los momentos flexionantes. También se obtendrán el diagrama de deflexión, en donde indicará en donde se presentará la deflexión máxima. Se aplicará el mismo método para la columna, la ménsulas y soldaduras.

Se ha considerado una carga máxima de izaje de 4400 lb (2 Toneladas), en función del equipamiento a ser sometido a cargas de izaje que representan el 10% de la capacidad de carga máxima (44000 lb). El peso de la grúa representará el 15% de dicha carga máxima (6600 lb), y se considerará una longitud de grúa de 12 metros (aprox. 40 pies). El material se ha considerado que será Acero ASTM A36 con una capacidad de resistencia de fluencia de 25000 psi.

La carga máxima que recibirán las ruedas será entonces:

Carga Máxima en las Ruedas = Carga Máxima + Peso Muerto de la Grúa + Peso Muerto del Polipasto

Tomando en consideración que el peso muerto de la grúa será el 15% de la carga máxima, y el peso muerto del polipasto será el 2% de la carga máxima. Y adicionalmente una carga dinámica o factor de seguridad del 25%

Carga Máxima en las Ruedas = $1,25 * (44000*0,15 + 44000*0,02 + 44000) = 64350$ lb.

El tamaño del riel estará en función de la carga máxima en las ruedas y la resistencia permisible.

Tamaño máximo de riel = $64350 / 25000 = 2,57$ pulgadas cuadradas

La carga en las ruedas por par de ruedas estará en función de la carga máxima en las ruedas y el número de pares de ruedas

Carga en las ruedas = $64350 / 2 = 32175$ lb por par

La carga en las ruedas por rueda estará en función de la carga en las ruedas por par de ruedas y el número de ruedas por par

Carga en las ruedas por rueda = $32175 / 4 = 8043,75$ lb por rueda.

Cálculo de los rieles

Para el presente cálculo se procedió a considerar el peso de la grúa como el 15% de la carga máxima a ser considerada. Mientras que para el peso de izaje se consideró el 10% de la misma carga máxima. Para la longitud de la viga se consideró una distancia aproximada de 12 metros. La carga máxima en las ruedas del riel sería la suma de la carga máxima, el peso muerto de la grúa y el peso muerto de la carga en izaje. Adicionalmente se consideró el peso muerto del polipasto como el 2% de la carga máxima. Finalmente, un factor del 25% para seguridad de carga dinámica.

Tabla 1. Cálculo de rieles

Parámetros de Ingreso	Valores
Peso de Grúa (lbs)	$0.15 * 44000 = 6600$ lbs
Peso de Izaje (lbs)	$0.1 * 44000 = 4400$ lbs
Capacidad de Carga Máxima (lbs)	44000 lbs
Longitud de la Grúa:	40 pies (12.19 metros)
Material del Riel:	Acero ASTM A36 $f = 25,000$ psi
Tamaño del Riel:	W10x49
Selección de ruedas:	Cuatro ruedas con dos pares de ruedas cada uno.
Carga Máxima en las Ruedas	$(\text{Carga Máxima} + \text{Peso Muerto de la Grúa} + \text{Peso Muerto del Polipasto}) * \text{Factor de Carga Dinámica}$
Peso Muerto de la Grúa:	15% de la Carga Máxima
Peso Muerto del Polipasto:	2% de la Carga Máxima
Factor de Carga Dinámica:	1.25
Carga Máxima en las Ruedas	$((44000) + (0.15 * 44000) + (0.02 * 44000)) * 1.25 = 64350$ lbs
Tamaño del Riel	Carga Máxima en las Ruedas / Resistencia Permisible
Resistencia Permisible	25,000 psi
Tamaño del Riel	$64350 \text{ lbs} / 25000 \text{ psi} = 2.574$ pulgadas cuadradas
Carga en las Ruedas por Par de Ruedas	Carga Máxima en las Ruedas / Número de Pares de Ruedas
Carga en las Ruedas por Par de Ruedas	$64350 \text{ lbs} / 2 = 32175$ lbs por par
Carga en las Ruedas por Rueda	Carga en las Ruedas por Par de Ruedas / Número de Ruedas por Par
Carga en las Ruedas por Rueda	$32175 \text{ lbs} / 4 = 8043.75$ lbs por rueda

Fuente: Autor.

Métodos y Materiales

Dentro de los materiales utilizados para la realización del sistema de rieles tenemos:

Tabla 2. Recursos y Materiales

Rieles tipo H.
20 kg electrodos 6011.
20 kg electrodos E11028M
Pintura negra anticorrosivo
Máquina de soldar.
Equipo de oxicorte
Amoladora
Discos de corte
Discos de pulir
Dobladora
Dos Soldadores.
Dos ayudantes

Fuente: Autor.

Rieles Tipo H: los rieles tipo H son perfiles estructurales que tienen diversas utilidades y para la construcción de cualquier tipo de estructura normal o especial, incluyendo puentes y

maquinaria. En los puentes grúas o sistemas de rieles se los suele utilizar como soporte para el polipasto (Import Aceros, 2023). Se emplearán dentro del proyecto para la confirmación de las vigas tipo carril de desplazamiento del trolley de carga.

Electrodos 6011: estos electrodos están cubiertos de un revestimiento celulósico, lo cual le permite ser usado con corriente alterna o continua. Su arco permite que este pueda ser soldado en cualquier posición, Utilizado en soldaduras de aceros dulces, galvanizados y de baja aleación (Indura, 2023). Este será empleado en el primer punteo de las piezas soldadas que conforman la estructura metálica del proyecto.

Electrodos 7018: estos electrodos son resistentes a la humedad y tienen un bajo contenido de hidrogeno, es utilizado para estructuras de baja aleación, tuberías, tanques, entre otros (Indura, 2023). Este será empleado emplea para realizar los cordones de soldadura para la unión de los apoyos y soportes.

Pintura Negra Anticorrosiva: este material sirve para cubrir superficies metálicas en ambientes donde existe un alto nivel de corrosividad. Esta pintura se aplica en rejas, muebles, estructuras de hierro entre otros (Química Universal, 2023).

Máquina de soldar: es una herramienta que es utilizada para la unión de dos materiales a través de la fundición o en otros casos, a través de un material que se coloca en medio de ambas partes durante el momento de fundición que al enfriar se vuelve en una unión sólida y resistente (Solyman, 2023).

Equipo de oxicorte: es una técnica de soldadura que realiza cortes por oxidación con la ayuda de una llama, la cual proviene de la mezcla de un gas combustible como el hidrógeno y un gas comburente como el oxígeno (Mato, 2020).

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

En el presente capítulo, se detallarán los objetivos establecidos al inicio del proyecto y se detallara los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

4.1. RESULTADOS OBJETIVO # 1:

El primer objetivo fue desarrollar el diagrama del proyecto para la implementación del sistema de rieles. En el capítulo anterior, se desarrolló el diagrama con los pasos a seguir para el diseño, instalación e implementación del sistema de rieles para el mantenimiento del sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica. El realizar este diagrama permitió tener una idea clara de los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto, desde el inicio con la recopilación de la información en los primeros capítulos, el desarrollo de la solución propuesta en el Capítulo 3 y el detalle del proceso de construcción, instalación y prueba que se especificaran en el siguiente punto.

4.2. RESULTADOS OBJETIVO # 2 y # 3:

El segundo objetivo establece: diseñar un sistema de rieles para izar que permita minimizar los riesgos laborales, costos operativos y tiempos de parada del proceso de mantenimiento de la central termoeléctrica. En el capítulo tres se cumple lo esperado en este objetivo, se describen los parámetros de las cargas, se realizan los cálculos matemáticos para el levantamiento de cargas que a su vez nos permite realizar el diseño de la viga puente, la viga carrilera y la viga testera, finalizando con el cálculo de los rieles que será implementados en la siguiente etapa y un detalle de los materiales y recursos a requerirse.

El tercer objetivo es una continuación del segundo, la puesta en marcha: Construir el sistema de rieles para el izaje del proceso de mantenimiento anual de los enfriadores de la

central termoeléctrica. Este objetivo habla de la puesta en marcha de la solución propuesta, es decir, la construcción, instalación y prueba del sistema de rieles; este proceso se realizó en un total de 30 días laborales. A continuación, se describen los pasos que se tomaron para realizar cada una de estas etapas:

Construcción del sistema de rieles

Para la construcción se realizaron las siguientes actividades:

1. Se tomaron las medidas de dónde se van a instalar los rieles.
2. Se verificó la cantidad necesaria para la construcción de los rieles.
3. Se cortaron las vigas que van a servir de riel según medidas
4. Se procedió a construir las bases para soldar los rieles.
5. Se pintaron los rieles y bases antes de ser instalados.

Figura 12. Construcción sistema de rieles



Fuente: Autor (2023).

Instalación del sistema de rieles

1. Se realizó el checklist con el Ingeniero de Seguridad Industrial del área a trabajar para despejar todo tipo de peligro inflamable, altura, ergonómico.
2. Se llevaron equipos de oxicorte y máquinas de soldar al punto de trabajo.
3. Se procedió a colocar los EPP
4. Se procedió a instalar o soldar bases y soportes.
5. Se hizo uso del montacargas para izar tramos de rieles a soldar en base.
6. Se realizó el soldado de los rieles.

Figura 13. Instalación Sistema de rieles



Fuente: Autor (2023).

Prueba del sistema de rieles

1. Para realizar las pruebas de izaje y movimiento del carro transportador dónde va el tecele.
2. Se realizó la maniobra de izaje para probar el puente grupa con un peso de 2 T.
3. Al realizar la prueba se verifica que los puntos soldados no presenten fisura.
4. Que los carros transformadores se desplacen de forma suave.
5. Realizada las pruebas se procede a entregar el trabajo a supervisor mecánico.

Figura 14. Prueba manual sistema de rieles



Fuente: Autor (2023).

En las figuras 15 y 16 podemos ver el resultado final una vez realizada la etapa de construcción, instalación y pruebas:

Figura 15. Estructura implementada



Fuente: Autor (2023).

Figura 16. Estructura implementada parte 2



Fuente: Autor (2023).

4.3. RESULTADOS OBJETIVO # 4:

El último objetivo establecido para el presente proyecto, establece: Comparar el costo /beneficio en el proceso de mantenimiento del anterior sistema con el nuevo sistema de izado. En la tabla 3, se puede observar los gastos que se incurrían en el antiguo proceso que consistía en el desmontaje de las piezas con la ayuda de un montacargas y apoyo manual para poder realizar el mantenimiento del sistema de enfriamiento.

Debido a que este proceso requería personal adicional, se incluyen costos de logística y planificación, que consiste en gastos adicionales al proceso de desmontaje como equipos de protección, indumentaria para el personal de apoyo y herramientas.

Tabla 3. Costos de Desmontaje – Método Anterior

DETALLE	(US\$)
Logística y planificación	\$ 500.00
Alquiler de montacarga	\$ 2,000.00
Operarios de montacargas	\$ 600.00
TOTAL	\$ 3,100.00

Fuente: Autor

Por otro lado, para la realización del presente proyecto, podemos ver los costos totales del mismo en la tabla 4. Tenemos los costos que facturó el profesional para realizar el diseño, los costos del personal de apoyo para la fabricación e instalación, el costo total de los materiales descritos anteriormente y el transporte del personal; dándonos una inversión total de \$6280.

Tabla 4. Costo del proyecto

DETALLE	(US\$)
Diseño	\$ 300.00
Mano de obra	\$ 1,400.00
Materiales	\$ 4,500.00
Transporte	\$ 80.00
TOTAL	\$ 6,280.00

Fuente: Autor

En la tabla a continuación (Tabla 5), se realiza el análisis costo/beneficio. Se toman en cuenta los costos que se generan durante el proceso de desmontaje tanto en el método anterior como con el nuevo sistema implementado. En el método anterior, se incurrían en valores de logística, mano de obra y alquiler de maquinaria, por un total de \$3100 anualmente, debido a la complejidad y cuidado de tener que desmontar cada una de las piezas y bajarlas con el ayuda del montacargas, este mantenimiento se realizaba en un promedio de 45 días.

Por otro lado, tenemos los gastos que se incurren actualmente una vez instalado el sistema de rieles propuesto, podemos revisar que el único gasto es el de logística, que incluye equipos de protección, indumentaria para el personal de apoyo y herramientas por un valor de \$200. Este rubro es menor que en el método anterior, debido a que con el nuevo sistema se requiere de menor cantidad de personal, costos de mano de obra que incluían anteriormente el personal que manejaba el montacargas, ya no son necesarios, así como el alquiler de la maquinaria, logrando reducir con el sistema de rieles, los costos en un 94%.

Adicional a esto, gracias a la implementación del sistema de rieles el mantenimiento actual se realiza en un promedio de 25 días, lo cual representa una reducción del 44% del tiempo que se empleaba anteriormente.

Tabla 5. Análisis Método Anterior vs Sistema de Rieles

	MÉTODO ANTERIOR	SISTEMA DE RIELES	
LOGISTICA	\$ 500.00	\$ 200.00	
MANO DE OBRA	\$ 600.00	-	
MAQUINARIA	\$ 2,000.00	-	
TOTAL	\$ 3,100.00	\$ 200.00	-94%
N° DE DIAS	45	25	-44%

Fuente: Autor

Si realizamos una proyección de los costos a cinco años para ambos casos, el método anterior y el sistema de rieles implementado, podemos ver la reducción significativa en los costos con el método actual. En el método anterior, el valor del mantenimiento es un valor constante y significativo que se repite anualmente; con el sistema de rieles, el primer año representa el gasto más fuerte debido a la inversión para la construcción e instalación del sistema. Sin embargo, a partir del segundo año, estos costos se reducen significativamente ya que su implementación y uso no genera mayores costos que los gastos de logística. Proyectando los costos de ambos casos a 5 años existe una diferencia del 54% entre un valor y el otro.

Tabla 6. Proyección costos - Método Anterior vs Sistema de Rieles

	MÉTODO ANTERIOR	SISTEMA DE RIELES
AÑO 1	\$ 3,100.00	\$ 6,280.00
AÑO 2	\$ 3,100.00	\$ 200.00
AÑO 3	\$ 3,100.00	\$ 200.00
AÑO 4	\$ 3,100.00	\$ 200.00
AÑO 5	\$ 3,100.00	\$ 200.00
TOTAL	\$ 15,500.00	\$ 7,080.00

Fuente: Autor

CRONOGRAMA

El siguiente cuadro expone el cronograma de actividades que se determinó para el desarrollo de la tesis con su respectivo tiempo (en semanas) incluyendo el tiempo que tomará hasta llevar a cabo la implementación y entrega.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO TECNICO
--

Proyecto técnico

DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIELES PARA IZAJE DE MANTENIMIENTO ANUAL DE ENFRIADORES DE UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA

AÑO	2023											
MESES	JUNIO				JULIO				AGOSTO			
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Diagnóstico del problema de estudio												
Formulación del problema												
Determinación de los objetivos												
Diseño y análisis de la estructura y metodología												
Desarrollo del Marco teórico												
Determinar las características técnicas y necesidades de la estructura												
Cotización de los materiales para el presupuesto												
Elaboración del presupuesto mano de obra y materiales												
Aprobación del presupuesto												
Asignación de recursos luego de la aprobación												
Construcción de la estructura												
Pruebas												
Entrega												

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DEL PROYECTO TECNICO

Proyecto técnico

**DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE UN
SISTEMA DE RIELES PARA IZAJE DE MANTENIMIENTO ANUAL
DE ENFRIADORES DE UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA**

COSTO DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO	
DETALLE	VALORES
Transporte	\$ 50.00
Impresiones / libros	\$ 120.00
Dispositivos y equipos	\$ 50.00
Gastos varios	\$ 50.00
TOTAL	\$ 270.00

COSTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	
DETALLE	VALORES
Elaboración del diseño del sistema de rieles	\$ 300.00
Costo de mano de obra total	\$ 1,400.00
Costo de materiales para la construcción del sistema de rieles	\$ 4,500.00
Costos de transporte	\$ 80.00
TOTAL	\$ 6,280.00

COSTO TOTAL	\$ 6,550.00
--------------------	--------------------

CONCLUSIONES

A lo largo de la investigación realizada se realizó un análisis sobre la situación actual de las centrales termoeléctricas en el Ecuador y los problemas que se presentan debido a la falta de un sistema de mantenimiento preventivo. Se recalca la importancia de la generación de energía eléctrica y el rol que las centrales termoeléctricas específicamente tendrán en el futuro. En base a este tema, se presenta una propuesta de mejora para el proceso de mantenimiento del sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica, el cual para llevarse a cabo se debe realizar el desmontaje de cada una de las piezas que conforman el sistema de enfriamiento. Previamente este proceso se realizaba con la ayuda de un montacargas y de manera manual con el apoyo de personal auxiliar. Este método, además de extender el tiempo de realización de mantenimiento, presentaba varios riesgos de seguridad para el personal y resultaba más costoso debido a la maquinaria que se debía alquilar y el personal auxiliar que se debía contratar.

Por lo tanto, la propuesta de mejora consistió en el diseño, construcción e implementación de su sistema de rieles para izaje, con el fin de que este sistema reemplace el método anterior para el desmontaje, mejorando la eficiencia del proceso de mantenimiento, logrando que sea más eficaz y seguro y reduciendo los costos significativamente. Para la realización de la solución propuesta, se establecieron varios objetivos. Se inicio con un diagrama del proyecto, donde se establecieron cada una de las etapas a seguir. Se realizaron los cálculos matemáticos para el diseño del sistema de rieles y cada uno de sus componentes y se detallaron los pasos a tomar para la construcción, instalación y prueba del sistema de rieles. Finalmente, con el análisis costo beneficio se puede concluir que con el nuevo sistema se logró reducir los costos en un 94% y el mantenimiento ahora se realiza en un promedio de 25 días, lo cual representa una reducción del 44% del tiempo que se empleaba anteriormente.

RECOMENDACIONES

- El presente proyecto fue diseñado para realizar el izaje de cargas de piezas de hasta 2 toneladas, sin embargo, se recomienda la utilización de la misma solución planteada para el diseño e implementación de este tipo de estructura para otros proyectos.
- La solución planteada en el presente proyecto, representa una de las tantas variables que pueden ser mejoradas dentro de la gestión del mantenimiento. Para futuros proyectos, se recomienda ampliar más el rango de alcance, tomando en cuenta otras variables.
- Hoy en día los sistemas de gestión del mantenimiento se apoyan en el uso de la tecnología, se recomienda extender futuras investigaciones hacia la automatización de procesos y el uso de aplicaciones tecnológicas para realizar mejoras en los mantenimientos preventivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Campos, V. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la eficiencia de activos criticos de la empresa Cartavio SAA*. Trujillo: UPN.
- Ccoyo, C. (2021). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para las maquinas de la empresa inversiones Millma Peru SAC*. Lima: Universidad Tecnológica de Perú.
- Chavarría, C. (2023). *Cálculos estructurales, fabricación y montaje puente grúa de 1 tonelada*. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Chavez, A. (2012). *Elaboracion de un plan de mantenimiento para el equipo caminero del municipio Canton Pujili*. Quito: ESPE.
- CMAA. (2010). *CMAA Specification No.70 - 2020. Multiple Girder Cranes*. MHI.
- Díaz Navarro, J. (2010). *Tecnicas de Mantenimiento Industrial*. Málaga: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR-ALGECIRAS UNIVERSIDAD DE CADIZ.
- Fundacion Endesa. (2023). *Central térmica convencional*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20central%20t%C3%A9rmica,ciclo%20termodin%C3%A1mico%20de%20agua%2Dvapor>.
- García , O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Bogotá: Ediciones de la U.
- García, P. (2006). *El mantenimiento general*. Bogotá: UPTC.
- García, S. (2003). *Organizacion y gestion integral del mantenimiento*. Madrid: Ediciones Días de Santos.

- Import Aceros. (2023). *VIGA HEB*. Obtenido de [https://www.importaceros.com/ecuador-quito/viga-heb/#:~:text=Esta%20clase%20de%20perfiles%20se,%2C%20columnas\)%20infraestructura%20y%20carrocer%C3%ADa](https://www.importaceros.com/ecuador-quito/viga-heb/#:~:text=Esta%20clase%20de%20perfiles%20se,%2C%20columnas)%20infraestructura%20y%20carrocer%C3%ADa).
- Indura. (2023). *Indura 6011*. Obtenido de https://www.indura.com.ar/content/storage/ar/producto/ID3318_file_1115_6011.pdf
- Indura. (2023). *INDURA 7018-AR*. Obtenido de https://www.indura.com.ar/content/storage/ar/producto/id3321_file_1120_7018%20ar.pdf
- Jaramillo, G. (2018). *Diseño de puente grúa y sistema stand reel para mejorar el transporte de bobinas de papale en el proceso de rebobinado de la empresa Cartopel*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Levin, J. (2016). *Fundamentos de Estadística en la Investigación Social*. México: Harla.
- Martinez, F. (2023). *El Mantenimiento en una Central Hidroeléctrica*. Obtenido de <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-en-una-central-hidroelectrica/>
- Mato, M. (2020). *Soldadura y carpintería metálica*. Ediciones Paraninfo.
- MHI. (2023). *Crane Manufacturers Association of America* . Obtenido de <https://www.mhi.org/cmaa>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (enero de 2020). *Plan Maestro de Electricidad*. Obtenido de <https://www.cenace.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

Oñate, C. (2017). *Diseño e implementación de un software de mantenimiento preventivo en PHP para maquinaria pesada de GADM de Patate*. Ambato: UTA.

OSHA. (2018). *Evaluación de riesgos y análisis de seguridad laboral*. Obtenido de https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy16_sh-29629-sh6_EvaluaciondeRiesgosInstruccionmanual.pdf

PRIMICIAS. (03 de marzo de 2020). *Termoeléctricas: obsoletas, caras, sin mantenimiento pero necesarias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/operacion-parque-termoelectrico-ecuador-cara-fallas-tecnicas/%20https://www.primicias.ec/noticias/economia/operacion-parque-termoelectrico-ecuador-cara-fallas-tecnicas/>

PRIMICIAS. (04 de junio de 2021). *Solo cinco de las 21 termoeléctricas del país operan a toda capacidad*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/produccion-electricidad-recuperacion-termoelectricas-potencial/>

PRIMICIAS. (22 de diciembre de 2022). *Peor estiaje en seis años lleva a Ecuador a importar electricidad*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/electricidad-demanda-lluvias-estiaje-ecuador/>

PRIMICIAS. (30 de marzo de 2023). *Celec necesita USD 1.500 millones para enfrentar la sequía*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/electricidad-ecuador-celec-inversion-sequia/>

Química Universal. (2023). *Anticorrosivo (Rojo, Gris, Negro, Verde, Ocre)*. Obtenido de <https://quimicauniversal.cl/www/productos/anticorrosivo/>

Resourcefulness. (2023). *Centrales eléctricas térmicas*. Obtenido de <https://stem.guide/topic/centrales-electricas-termicas/?lang=es>

- Ruda, R. (2015). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN PARA IZAJE DE CARGA DE LA EMPRESA COLOMBIA CRANE & SERVICE*. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2719/TGT_1309.pdf;jsessionid=3259E51E64FD7CD97C9411C7062F5BCF?sequence=1
- Sanchez Naranjo, C. (2020). *Centrales termoeléctricas*. UNED.
- SICMA21. (2021). *Mantenimiento Industrial: importancia y beneficios*. Obtenido de <https://www.sicma21.com/mantenimiento-industrial-importancia-y-beneficios/>
- Silva, C., & Morales, S. (2011). *Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Solyman. (2023). *¿Sabes cuáles son los diferentes tipos de máquinas de soldar que existen? ¡Descúbrelo!* Obtenido de <https://www.solyman.com/tipos-de-maquinas-de-soldar-que-existen/#:~:text=La%20m%C3%A1quina%20de%20soldar%20es,una%20uni%C3%B3n%20fija%20y%20resistente.>
- Tecnología para la Industria. (04 de mayo de 2018). *Aumentar la eficiencia de las máquinas con tres acciones para maximizar la capacidad de producción*. Obtenido de <https://tecnologiaparalaindustria.com/aumentar-la-eficiencia-de-las-maquinas-con-tres-acciones-para-maximizar-la-capacidad-de-produccion-2/>
- Vega, J., & Ramírez, S. (2014). *Fuentes de energía, renovables y no renovables. Aplicaciones*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor.
- Villón, R., & Naranjo, N. (2016). *Diseño de un Puente Grúa Curvo para Optimización de Espacio en Lugares Abovedados*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.