Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Subdirección Académica
Departamento de Ing. Industrial

PROYECTO DE TITULACIÓN

[REACTIVACIÓN Y MANTENIMIENTO EN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN]

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JOSÉ ALFREDO DURÓN ORTIZ

ASESOR:

ALEJANDRO PUGA VARGAS

NOVIEMBRE

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

Agradecimiento

En agradecimiento a todas y cada una de las personas que me han acompañado en esta ardua tarea de concluir un estudio universitario más, en especial a mi familia, que en todo momento ha confiado en mí, además cuando el camino se volvía pesado, fueron ellos quienes inculcaron en mí el valor de no rendirme en el camino. De igual manera, sin dejar de lado a los docentes quienes me han escuchado y guiado en cada una de mis inquietudes académicas. De igual manera al último, pero no menos importante a mi hermana Mari, quien es el artífice del punto toral para comenzar con esta aventura dentro de la ingeniería industrial, así como a mi esposa Karina, que me impulso a continuar cada mañana.

Resumen

En el desarrollo del presente reporte, el lector conocerá el estado de falla del mecanismo principal de riego en la empresa **Comité Estatal Sistema Producto Chile, Del Estado De Aguascalientes**, siendo este uno de los puntos torales para la producción de plántula de hortalizas.

El lector conocerá el funcionamiento del equipo de riego, de igual manera conocerá el proceso que se utilizó para lograr un resultado favorable cumpliendo con cada uno de los objetivos planteados a trabas del estudio de campo, la valoración del estado físico del instrumento de riego y cotizaciones de piezas para obtener el mejor producto dentro de la actividad desarrollada.

De lo anterior mente narrado y posterior al estudio realizado, se ha de optar por desarrollar de manera inmediata la aplicación de un mantenimiento correctivo, por lo que se aunara en el desarrollo del mismo a lo largo del presente proyecto, con el objetivo de poder colocar de nueva cuenta el equipo en funcionamiento, buscando que los fallos que se susciten en un futuro puedan evitarse mediante mantenimiento preventivo.

Índice.

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES 2
Agradecimiento 2
Resumen 3
Lista de gráficas 5
Lista de imágenes 6
CAPITULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO 7
Problemas a resolver, priorizándolos. 12
Objetivos (General y Específicos) 14
Justificación 15
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO 16
Marco teórico (fundamentos teóricos). 16
Tipos de mantenimiento 16
Mantenimiento Correctivo.- 17
Mantenimiento Preventivo 18
Mantenimiento Predictivo 19
Mantenimiento Autónomo 20
Mantenimiento Total De La Producción (TPM).- 20
Importancia Del Mantenimiento 21
Que no es Mantenimiento 22
Casos prácticos de mantenimiento. 22
CAPÍTULO 4: DESARROLLO 28
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas 28
Metodología de investigación cuantitativa. - 28
Causas de fallas en maquinaria de riego 32
Consecuencias en las fallas de equipo de riego 32
Presupuesto de piezas a remplazar 32
Solución de problema 35
CAPÍTULO 5: RESULTADOS 40
Resultados 40
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES 43
Conclusiones del proyecto 43
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS 44
Competencias desarrolladas y/o Aplicadas. 44
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN 45
CAPÍTULO 9: ANEXOS 46

Lista de gráficas

Gráfica 1: producción y merma del año 2021 13
Gráfica 2: producción y merma del año 2022 13
Gráfica 3: producción y merma del año 2023 13
Gráfica 4: producción y merma del año 2017 28
Gráfica 5: producción y merma del año 2018 28
Gráfica 6: producción y merma del año 2019 29
Gráfica 7: producción y merma del año 2020 29

Lista de imágenes

Imagen 1: ubicación satelital de empresa....9
Imagen 2: equipo terrestre dañado....10
Imagen 3: equipo terrestre dañado....10
Imagen 4: equipo aéreo dañado....10
Imagen 5: equipo aéreo dañado....10
Imagen 6: organigrama....28
Imagen 7: evolución del mantenimiento....17
Imagen 8: cronograma....29
Imagen 9: tabla de partes de equipo de riego....31
Imagen 10: Cotización de piezas....33
Imagen 11: Mejores propuestas de cotización....34
Imagen 12: rueda trasera desgastada....35
Imagen 13: rueda delantera desgastada....35
Imagen 14: Chumacera engrasada....36
Imagen 15: estrella anivelada....36
Imagen 16: cadena alineada....37
Imagen 17: aspersor sucio....37
Imagen 18: aspersor destapado....37
Imagen 19: Plan Maestro de Mantenimiento....39
Imagen 20: Plan Maestro de Mantenimiento....39
Imagen 21: equipo terrestre en funcionamiento....40
Imagen 21.1: equipo terrestre en funcionamiento....40
Imagen 22.1: equipo aéreo en funcionamiento....41
Imagen 22: equipo aéreo en funcionamiento....41
Imagen 23: toma de tiempos....42
Imagen 24: gráfica de tiempos....42

CAPITULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

Introducción

El mantenimiento es esencial en cualquier rama, si bien es cierto la industria es uno de los sectores en donde se ha desarrollado mayor mente el mismo no se limita a esta rama, toda vez que los preceptos de los mantenimientos los tenemos desde tiempos muy antiguos, toda vez que desde el momento que se comenzó a dar limpieza a los equipos de caza como lo son arcos y flechas, después a los equipos de labranza como palas, azadones y hasta equipos más sofisticados como lo son las yuntas y arados. Podemos llegar a épocas recientes detonadas por la revolución industrial, etapa cronológica donde no solo se volvió una actividad cotidiana sino más bien una necesidad.

Toda vez que el ser humano ha detectado que la herramienta utilizada prolonga su tiempo de vida si es que se le otorga un mantenimiento adecuado, además de que también se observó que los tiempos de fallas mecánicas disminuyen considerablemente al realizar un buen mantenimiento en cualquiera de sus presentaciones, llamándolos, preventivos, correctivos y predictivos, nos apoyaran a obtener resultados apegados a la realidad de un sistema.

El mantenimiento en el equipo es clave importante para alcanzar estándares adecuados de calidad, es el caso que, al vivir cada día en un mundo tan globalizado, se vuelve cada vez más esencial para toda empresa contar con propuestas adecuadas de mantenimientos efectivos que nos apoyen a lograr objetivos específicos.

El mantenimiento es un conjunto de actividades con un fin específico, enfocado rumbo a la mejora continua, con el paso de los años se ha logrado detectar que al realizar mantenimiento adecuado al equipo de trabajo se obtienen mejores resultados de producto, es posible prever fallas, contar con un programa que nos permita reconocer las piezas, equipo y/o herramientas, predecir futuras fallas de manera

predictiva, y todo ello con tan sólo conocer datos de una variables con datos debidamente estudiados y analizados.

Siendo que la necesidad del proyecto en desarrollo, se centra primordialmente en poner de nueva cuenta en marcha la maquinaria existente, así como de aportar medios suficientes para la implementación de mantenimientos periódicos, por lo que se deberá de analizar el equipo con el que se cuenta. Es por ello y por la necesidad del proyecto que se ha optado por implementar una metodología adecuada, para mantener la maquinaria y equipo existente en buen estado, obteniendo con ello estándares adecuados en producción, así como la calidad que se le ofrezca sea cada día la más recomendable.

Por lo anterior mente narrado es que nuestro proyecto, si bien describe la necesidad de conocer cada uno de los mantenimientos, se centrará primordialmente en el mantenimiento correctivo, toda vez que se volverá evidente ser el necesario, en virtud de que el equipo de trabajo se encuentra dañado y fuera de servicio, por lo que este tipo de mantenimiento es suma mente importante para poder poner de nueva cuenta en marcha el sistema de riego con el que se opera en nuestra empresa.

Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

Para poder determinar la importancia del mantenimiento en el equipo de trabajo, es importante conocer la descripción de la empresa, así como su función. La empresa **Comité Estatal Sistema Producto Chile, Del Estado De Aguascalientes**, se encuentra ubicada en Carretera Rincón de Romos-Tepezalá km 1, CP. 20400 Rincón de Romos Aguascalientes México, siendo una de las mayores productoras de plántula de hortaliza, misma que se encuentra bajo la gerencia del Ing. JUAN MARTÍN DÍAZ HERNÁNDEZ, cuenta con un personal de alrededor de 6 personas, dedicándose preponderantemente a la maquila de plántula, cuidando la plántula por medio de sistema de riego adecuado en invernaderos automatizados de calor. Siendo entre sus principales clientes los ranchos denominados “los Tres Hermanos”, “Rancho Hermanos Narváez” “Granja las Flores”, entre varios otros particulares. Cuya ubicación satelital es la siguiente *(imagen 1)*

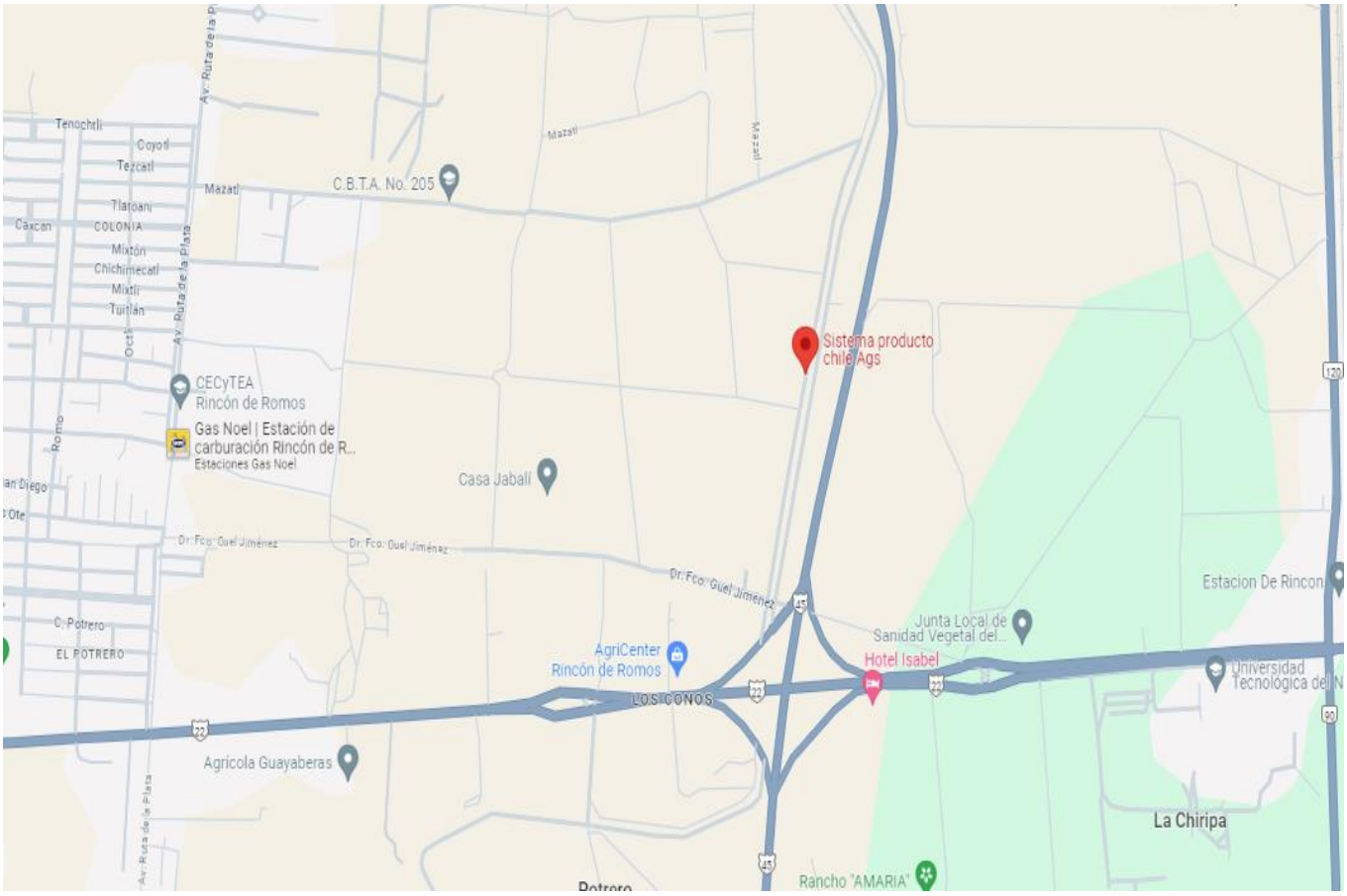


Imagen 1: ubicación satelital de empresa

La empresa cuenta con un sistema de riego que se versa en dos modalidades una aérea y otra terrestre cada una cuenta con dos dispositivos de riego es decir dos máquinas áreas *(Imagen 4 y 5)* y dos terrestres *(Imagen 2 y 3)*, haciendo un total de cuatro máquinas, ambos sistemas son suministradas de agua por tuberías de 1”, misma agua que previa mente ha sido filtrada por un mecanismo adecuado, es el caso que en la actualidad el mencionado sistema de riego se encuentra con constantes averías, por lo que la forma de regar es completamente manual, de tal manera que un operador dispersa de forma manual el agua sobre cada uno de los plantíos, ocasionando que el agua que se rocía sobre las mismas no sea uniforme. Esta situación se deriva de que el sistema de riego se encuentra dañado por la falta de mantenimiento tal y como se puede observar en las imágenes 2 y 3, así como por el desconocimiento del buen funcionamiento del equipo en comento. Por lo que no se puede asegurar un suministro de agua constante y adecuado.

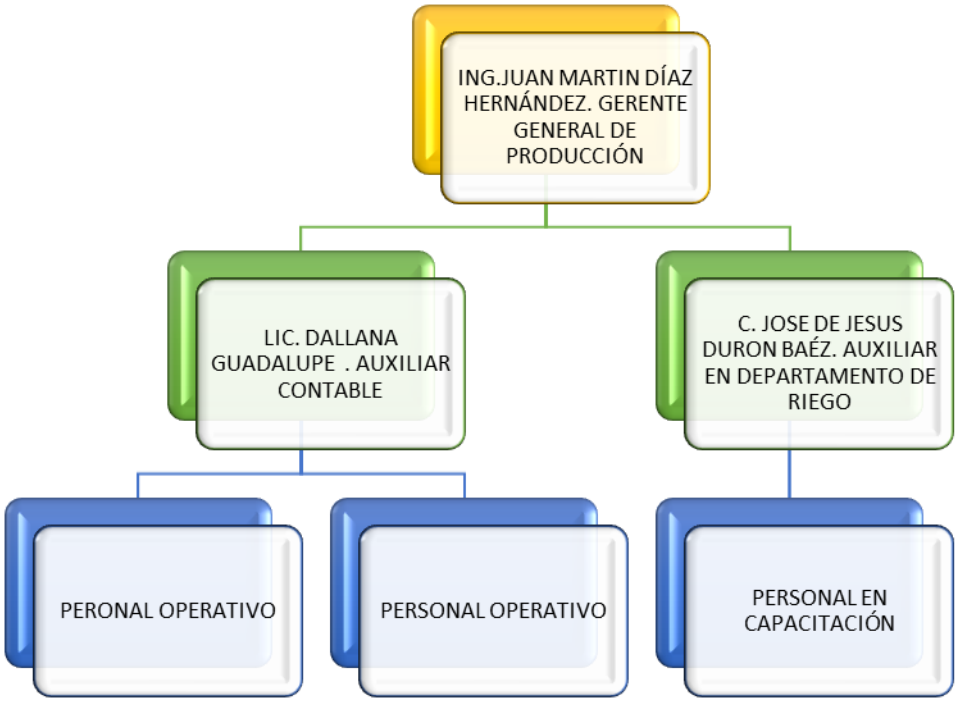
Imagen 2: equipo terrestre dañado

Imagen 3: equipo terrestre dañado

Imagen 4: equipo aéreo dañado

Imagen 5: equipo aéreo dañado

Las plántulas que actualmente se trabajan lo son de diferentes variedades de chile, brócoli, coliflor y lechuga, teniendo tiempos en común de riego aproximado de 30 segundo por charola a chorro indirecto de agua, siendo que el tiempo aproximado que tarda el dispositivo de riego en recorrer cada invernadero lo es de dos horas con veinticinco minutos, actualmente el operador tiene que realizar el recorrido dentro del tiempo estimado, derivado de que el riego se realiza de manera manual no es posible controlar la cantidad que se irriga en cada una de las charolas contenidas en el invernadero. Es importante mencionar que actual mente la empresa **Comité Estatal Sistema Producto Chile, Del Estado De Aguascalientes,** se encuentra organizada de la siguiente manera.



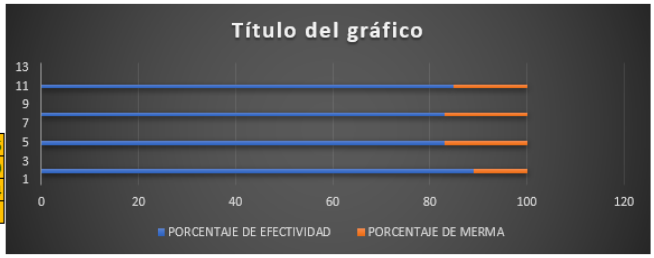
Problemas a resolver, priorizándolos.

Al normalizar producción en el año 2021 se observa en la empresa que el equipo de riego se encuentra dañado por lo que se opta por suspenderlo de manera indefinida y comenzar con riego a chorro de agua directo, actividad realizada al cien por ciento de manera manual. Por lo que se observa en registros del año 2021 *(Gráfica 1),* se obtuvo una merma de del 15 % en la producción de plantas listas para trasplantar, en el año 2022 un trece porciento de merma *(Gráfica 2),* y en el año 2023 un dieciséis porciento de perdida de la planta esperada para ser trasplantada *(Gráfica 3)*.

Esto genera constantes reclamos en los clientes debido a que la planta que se siembra no es uniforme. Se cuenta con equipo automatizado de riego, pero el mismo está dañado o bien en algunos casos específicos no funciona. Es un sistema de riego es mediante aspersores llamados carros de riego, los cuales funcionan mediante corriente eléctrica. Moviéndose, el sistema de riego aéreo por medio de guías sujetas a los invernaderos, y los sistemas terrestres, son dirigidos con una guía creada en una base de cemento con un segmento central ranurado. A través del tiempo y con las reparaciones que se han aplicado al equipo solo se han creado más desperfectos, toda vez que tanto la herramienta como las refacciones utilizadas no son las indicadas ni correctas, generando desgaste tanto en guías como en el motor que utiliza el sistema de riego. Por lo que podemos determinar que no hay un medio que indique el tiempo en que se tiene que remplazar materiales dañados o bien los tiempos en que se tendrán que realizar lubricaciones, ni mucho menos existe una forma de dar a conocer al operador la manera correcta de realizar la actividad de riego. Es importante para la empresa contar con sistema recomendable para dar mantenimiento al equipo, toda vez que el riego adecuado, es la base del buen crecimiento y la calidad en el producto que se elabora y que se distribuye al cliente. De continuar con un sistema deficiente puede ocasionar pérdida de clientes potenciales. Los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			18,000.00			17,000.00			16,500.00			13,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			6,048,000.00			5,712,000.00			5,544,000.00			4,368,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			5,382,720.00			4,740,960.00			4,601,520.00			3,712,800.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			89.00			83.00			83.00			85.00	85.00 %
PORCENTAJE DE MERMA			11.00			17.00			17.00			15.00	15.00 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00

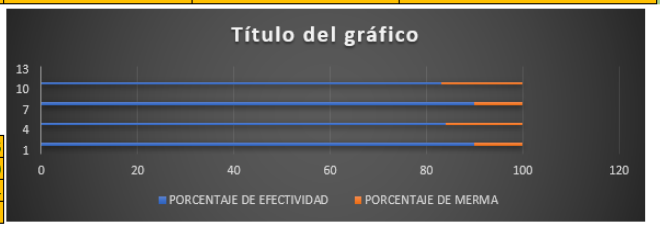


2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 1: producción y merma del año 2021

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			18,000.00			16,500.00			16,000.00			11,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			6,048,000.00			5,544,000.00			5,376,000.00			3,696,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			5,443,200.00			4,656,960.00			4,838,400.00			3,067,680.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			90.00			84.00			90.00			83.00	86.75 %
PORCENTAJE DE MERMA			10.00			16.00			10.00			17.00	13.25 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00

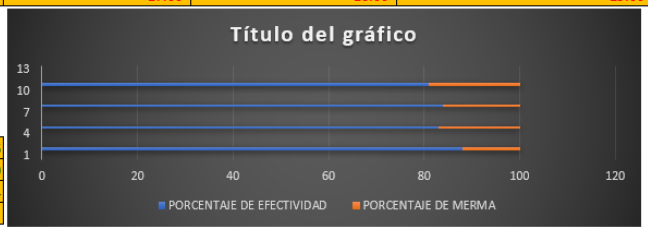


2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 2: producción y merma del año 2022

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			18,000.00			16,500.00			16,000.00			11,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			6,048,000.00			5,544,000.00			5,376,000.00			3,696,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			5,322,240.00			4,601,520.00			4,515,840.00			2,993,760.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			88.00			83.00			84.00			81.00	84.00 %
PORCENTAJE DE MERMA			12.00			17.00			16.00			19.00	16.00 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00



2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 3: producción y merma del año 2023

Objetivos (General y Específicos)

Desarrollar e implantar un programa de mantenimiento correctivo para el sistema de riego por aspersión de la empresa **Comité Estatal Sistema Producto Chile, Del Estado De Aguascalientes.**

Objetivo(s) del proyecto:

- Implementar un plan de mantenimiento a equipo de riego, que permita mantener las plantas con la hidratación adecuada.

-Reducción de la intervención del factor humano, manteniendo funcional el equipo de riego existente.

-Desarrollar e implementar checklist, mantener el sistema de riego bajo estándares adecuados para su funcionamiento.

-Desarrollo de un cronograma, estandarizar el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo del sistema de riego.

-Elaboración de gráficos de control para mantener la merma dentro del estándar específico Realizar gráficos de control con el fin de mantener la merma en la producción en los límites del dos por ciento.

Justificación

Se cuenta con resultados de registro en donde en los años del 2017 al 2020 *(Gráficas 4,5,6,7),* se tenía un porcentaje efectivo de entre el noventa y cinco y noventa y ocho por ciento de efectividad en el producto, periodo en el que los sistemas de riego eran completa mente nuevos y se les daba un mantenimiento adecuado, a partir del año 2020 por razones de la pandemia COVID-19, se dejó de dar un mantenimiento adecuado a la maquinaria, por lo que al normalizar producción en el año 2021 *(grafica 1)*, se observa en la empresa que el equipo de riego se encuentra dañado por lo que se opta por suspenderlo de manera indefinida y comenzar con riego a chorro de agua directo, actividad realizada al cien por ciento de manera manual. Por lo que se observa en registros del año 2021 *(grafica 1)* se obtuvo una merma de del quince por ciento en la producción de plantas listas para trasplantar, en el año 2022 *(grafica 2)* un trece porciento de merma y en el año 2023 *(grafica 3)* un dieciséis porciento de perdida de la planta esperada para ser trasplantada.

En posteriores registros, mostrando los años 2021 al 2024, son observables constantes variaciones en la producción, siendo que la única actividad que cambio dentro del proceso lo fue el sistema de riego. Por lo que se busca al implementar un sistema adecuado de mantenimiento es que la producción continue siendo la correcta, al igual que la irrigación de las plantas sean las adecuadas.

Por lo que como residentes nos percatamos que dentro del presente proyecto se podrán desarrollar capacidades de observación de equipo dañado, individualizando cada una de las partes del equipo de riego, para una vez detectado el problema y de ser necesario realizar el remplazo de las piezas dañadas implementando un mantenimiento correctivo, para posterior mente, localizar las piezas que solo se encuentren faltantes de reparar o bien detectar cuales dependen de un mantenimiento preventivo, culminando con opciones a futuro, analizando el tiempo de duración de cada una de las piezas del equipo.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

Marco teórico (fundamentos teóricos).
Tipos de mantenimiento

para lograr definir cuáles son los tipos de mantenimiento, primero tendremos que conocer que es mantenimiento, la RAE (Real Academia Española) define como mantenimiento:

"m. Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, in dustrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente." Logrando determinar que el mantenimiento son todas aquellas actividades enfocadas a que los equipos, herramientas, utensilios, edificios y demás enseres de trabajo se encuentren en buen estado, y que además puedan ser utilizadas en el momento que se requieran, o bien que continúe con su funcionamiento de manera periódica y habitual.

El ser humano se ha dado cuenta de la importancia de mantener su equipo en óptimas condiciones por lo que en la siguiente tabla se puede observar la evolución del mantenimiento a través de los años una vez que es definido como tal, ya que es durante la evolución en la rama automotriz en donde ha tenido mayor desarrollo.

AÑO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
1780	Se trabaja solo en mantenimiento correctivo (CM).
1798	Utilización de partes intercambiables en las máquinas.
1903	La producción industrial es masiva.
1910	Se forman cuadrillas de mantenimiento correctivo.
1914	Se empieza aplicar el mantenimiento preventivo (PM).
1916	Se da inicio al proceso administrativo.
1927	Se utilizan estadísticas en la producción.
1931	Se trabaja en el control económico de la calidad del producto manufacturado.
1937	Se tiene en cuenta el concepto del principio W. Pareto.
1939	Los trabajos de actividades del mantenimiento preventivo se empiezan a controlar con datos estadísticos.
1946	Es más eficiente el control estadístico de calidad (SQC).
1950	En el continente asiático, específicamente Japón, inicia con la implementación del control estadístico de calidad (SQC).
1950	En Estados Unidos (UU.EE.) se inicia el mantenimiento productivo (Pdto.M).

1951	Se conoce el análisis de Weibull.
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
1961	Inicio del Poka-Yoke (técnica de calidad a prueba de errores).
1962	Desarrollo de los círculos de calidad (QC).
1965	Implementación de la metodología del análisis causa raíz (RCA).
1968	Se da a conocer la Guía MSG-1, acreditada como el RCM mejorado.
1970	Expansión del uso de la computadora para la administración de activos (CMMS).
1971	Desarrollo el mantenimiento productivo total (TPM).
1978	Presentación de la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en aeronaves.
1980	Desarrollo en la implementación de la optimización del mantenimiento planificado (PMO).
1982	Aplicación del RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Desarrollo para aplicar el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (las 5s).
2005	Estudio de la filosofía de la conservación industrial (IC).

Imagen 7: evolución del mantenimiento

Para mayor comprensión se describen cada uno de los mantenimientos con mayor uso dentro de las industrias, mismos que son los siguientes.

Mantenimiento Correctivo.- Es un tipo de mantenimiento que desafortunadamente es el más utilizado alrededor del globo, toda vez que este es el que se lleva a cabo cundo se tiene que corregir una vez que la falla se ha suscitado y en ocasiones arroja consecuencias de difícil reparación, así mismo podemos resaltarlo en que es uno de los mantenimientos más caros, regularmente tiende a ser un mantenimiento básico, ya que no cuenta con una metodología y análisis de variables que ayuden a conocer el factor de tiempo de durabilidad del equipo y/o herramientas, por lo que su emplea miento solo se efectúa cuando ya es un poco tarde, toda vez que la falla no pudo ser prevista ni mucho menos diagnosticada. Aun así, podemos determinar que este tipo de mantenimiento tanto como puede ser espontáneo, también se puede dar el caso de que este tipo de mantenimiento puede ser programado y es el que se ha logrado detectar que el equipo se encuentra a punto de fallar. De igual

manera podríamos decir que el punto de intervención es completamente invasivo, ya que su solución conlleva a un a una urgencia más que una necesidad.

De igual manera es definido por Christian Pinzón en su artículo Tipos De Mantenimiento como: Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, este mantenimiento se aplica cuando el activo deja de operar, porque se presenta una falla funcional o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo, haciéndolo en el menor tiempo posible. Pinzón, C. (2020).

Mantenimiento Preventivo.- El mantenimiento preventivo entra en función cuando es posible conocer el estado en de funcionamiento del equipo a reparar, ya que se puede planificar, este es derivado de conocer el funcionamiento y estado del equipo utilizado, gracias a este tipo de mantenimiento se puede dar mantenimiento al equipo en tiempos determinados, mismos que no es necesario parar con el funcionamiento de la maquinaria o equipo en tiempos en que se tiene que estar produciendo, de igual manera también tiene sus desventajas toda vez que el equipo que se sustituye nunca se sabrá si aún podría haber continuado con su funcionamiento o bien si es que se encontraba cercas de fallar. Un plan de mantenimiento preventivo óptimo nos permite comprender que este tiene unos límites en los cuales no mejoramos la fiabilidad más que si consideramos la posibilidad de realizar modificaciones sobre los sistemas. Sacristán, F. R. (2014). El mantenimiento preventivo, a diferencia del mantenimiento correctivo, este tipo de mantenimiento nos permite contar con el equipo necesario para su implementación de manera anticipada, toda vez que el mismo cuenta con un plan definido. El que podamos programar un mantenimiento también nos garantiza que se encuentre el personal especializado para realizar la actividad a realizar, apoyándonos con ello a reducir desperdicios, así como accidentes durante su elaboración. El punto de intervención puede emplearse de manera periódica y organizada, cubriendo más una necesidad programada que a una emergencia. Su objetivo esencial se centra en prevenir y anticiparse a los problemas y fallas, otorgando un periodo de vida amplio a las máquinas y herramientas, nos otorga poder tener un seguimiento y con ello poder

saber cuál es el estado en que se encuentra nuestro equipo. El mantenimiento preventivo nos permite otorgar un tiempo determinado para la realización de la actividad.

Un buen programa de mantenimiento preventivo nos ayudará a no tener paros inesperados, otorgar calidad en el producto que se ofrece, entre muchos otros factores que apoyan a la obtención del producto final.

De igual manera, es así como a partir de la criticidad de los problemas que aparecen en el histórico de un equipo podemos construir u optimizar el mantenimiento preventivo más idóneo para un equipo o máquina determinado, procurando identificar tareas lo más simple, para incorporar al auto mantenimiento una vez que la producción está preparada para asumirle. F. R. (2014).

Mantenimiento Predictivo. - Este tipo de mantenimiento podríamos definirlo como aquel que se encuentra basado en la estadística, toda vez que su funcionamiento depende de los datos con los que se pueda contar de una variable, por lo que lo idóneo para su aplicación lo es cuando se han recabado elementos bastos y suficientes para poder llevarlo a cabo.

Según el Ing. Félix Antonio Pérez Rondón, en su ensayo c. g. en la g. del m. i. Define el mantenimiento industrial como: se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar.

Por lo que podemos determinar que el mantenimiento predictivo, nos permite generar un sistema basado en los acontecimientos suscitados, mismos que se pueden medir y otorgar un valor determinado a una variable, de conocer el buen funcionamiento y aplicación del mismo podemos llegar a ahorrar en insumos, ya que conoceremos el tiempo adecuado en que se deberá de intervenir el equipo.

Normalmente son técnicas no invasivas. Si después de la inspección se detecta algo irregular se define programar una intervención. La meta es prever el fallo desastroso de un componente, pieza, máquina o equipo y, por tanto, anticiparse a este, es así como estas técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando pues stocks (capital quieto sin trabajar o lucro cesante). Pérez Rondón, F. A. (2021).

Mantenimiento Autónomo. - El pilar "Mantenimiento Autónomo", busca que las personas estén completamente empoderadas para la ejecución de sus actividades diarias, lo que conlleva generar un cambio de cultura, de tal forma que todos sean responsables de la máquina y del producto. Este consta del desarrollo de siete pasos compuestos por: definición, objetivos y actividades para la ejecución de cada uno. Con la implementación del paso No. 1 "LIMPIEZA E INSPECCIÓN" se pretende detener el deterioro acelerado del equipo, despertar en los operarios el sentido de pertenencia y de curiosidad a través del contacto físico con la máquina, demostrar el valor de la limpieza como inspección, involucrar al operario en la identificación y ubicación de condiciones anormales y construir experiencias basados en estándares Clavijo Ríos, L. M., & Rodríguez Escobar, M. D. P. (2003).

Si bien es cierto este tipo de mantenimiento no es de los más usados, si es uno de los que tienen mayor efectividad en la industria, ya que nos muestra que la manera correcta de hacer las actividades, así como la asistencia y limpieza que se le dé al equipo de trabajo, será lo que nos arroje mejores resultados en cuanto a la obtención de objetivos. Además, es uno de los mantenimientos que podríamos considerar más barato, aun así, no todo es simple, ya que surge de la importancia de concientizar a los operadores de nuestro equipo, que de igual manera además de una capacitación adecuada, se les deberá de concientizar al momento de realizar la actividad que se está desarrollando.

Mantenimiento Total De La Producción (TPM).- Como todo lo conocido dentro de la evolución del ser humano, tiene que adaptarse a las circunstancias de tiempo modo y lugar, siendo que el mantenimiento en cualquiera de sus presentaciones no es

la excepción, siendo que el mantenimiento total de la producción se encuentra en la punta de la pirámide en cuanto a resultados se trata, siendo esta una ideología japonesa donde involucra a todos y cada uno de los individuos que participan en las actividades realizadas.

En este contexto, el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso productivo, permitiendo reducir costes y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora. El TPM tiene, así pues, como acción principal: cuidar y explotar los sistemas y procesos básicos productivos, manteniéndolos en su "estado de referencia" y aplicando sobre ellos la mejora continua. Podemos definir como "estado de referencia" aquel en que el equipo de producción puede proporcionar su mayor rendimiento en función de su concepción y de la situación actual cara a la evolución del producto a elaborar o transformar, Sacristán, F. R. (2002).

Importancia Del Mantenimiento. - El mantenimiento en cualquiera de sus versiones, se ha vuelto cada vez más esencial dentro de la industria, teniendo gran trascendencia en todos los ámbitos, así como en los cotidianos como en los profesionales. De aquí que derive la esencia de conocer el mantenimiento adecuado para nuestra necesidad.

Un buen funcionamiento es factor importante para el perfecto funcionamiento del equipo o herramienta que se esté utilizando, el no tener un buen funcionamiento, nos puede llevar a pérdidas importantes en todos los ámbitos, económicas, de salud, pérdida de tiempo, factores que tarde o temprano se convertirán en faltas constantes en el correcto funcionamiento de nuestro equipo.

La importancia del mantenimiento en todos sus niveles es innegable, toda vez que se vuelve evidente, que al mantener cualquier equipo en óptimo estado, este nos permitirá realizar el uso goce y disfrute adecuado de la herramienta y/o equipo que se esté utilizando. Actualmente, se demuestra que el papel del mantenimiento en una organización es destacado por que garantiza aportaciones a la productividad, por medio de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, maquinaría e instalaciones, impactando también en la calidad, seguridad y salud en todos sus aspectos (Rojas, 2008).

Como se ha logrado desarrollar existen varios tipos de mantenimientos, todos ellos con sus ventajas y desventajas, lo que, si es muy claro que solo las operaciones que se puedan adaptar y conservar serán las más aptas para arrojar ganancias considerables, toda vez que si bien es cierto no es lo más importante, al final del día es lo que nos permite arrojar parámetros de efectividad.

Que no es Mantenimiento. - Como ya ha quedado descrito existen diversas formas de dar mantenimiento a nuestro equipo, pero será de suma importancia definir lo que no es mantenimiento, esto con el severo objetivo de lograr determinar aquellas actividades que si nos arrojen un resultado favorable, por ejemplo no basta con tan solo dar limpieza al equipo en cierta periodicidad, si bien es cierto que eso no ayuda al cuidado del equipo, no va más haya que a una percepción estética.

De igual manera no podemos decir que es un mantenimiento el realizar cambio de alguna pieza, si esta actividad no se realiza a conciencia, por lo que es recomendable siempre que se realiza una actividad llevar un debido registro, para así conocer los tiempos adecuados en el que la actividad se deberá de repetir.

Casos prácticos de mantenimiento.

1.- Caso de éxito en fábrica de papel

Gracias a la tecnología de análisis de vibraciones se evitó sufrir una gran avería. Este análisis anunció el futuro fallo, con bastante margen de maniobra. Esto permitió adaptar la máquina “fan pump”, cambiando un rodamiento antes de que se rompiese. Gracias al mantenimiento predictivo de análisis de vibraciones podemos adelantarnos a los problemas. Y adelantarse a los imprevistos hace ahorrar en tiempo y dinero.

Con las nuevas tecnologías las fábricas se vuelven más eficientes. No beneficiarse de ello es un error que no pueden permitirse. En el mantenimiento predictivo de análisis de vibraciones se monitorizan medidas para detectar posibles fallos en un estadio muy incipiente. Con esto se evita una probable avería en el futuro, que pueda parar la producción de una fábrica.

De un modo sencillo podemos explicarlo como que todas las máquinas producen micro vibraciones en su movimiento, estas son imperceptibles para los sentidos humanos. Disponiendo de un equipo específico, analizamos esa vibración y podemos saber el estado de salud de la máquina. (Principia. Solutions, 2019).

2.- Las empresas que conforman el consorcio que construyó la Línea Dorada del STC Metro, indicaron ante la ALDF (Alcaldía Legislativa del Distrito Federal). que la suspensión de las 11 estaciones fue debido a que la falta de mantenimiento en ellas provocó un desgaste ondulatorio.

La falta de mantenimiento por parte de los consorcios responsables y la tardía reacción del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro se perfilan como la causa que llevó al cierre de 11 de 20 estaciones de la Línea 12, que corre de Mixcoac a Tláhuac y se precisó que existen condiciones suficientes de seguridad en el tramo parcial que continúa en funcionamiento, además de que se descartó el cierre total.

Esto se solucionó después de que se diera mantenimiento correctivo a las diferentes líneas del metro. (Torrez, 2014).

3.- Accidente reciente de camión debido a una falla en los frenos.

En abril, un camión mezclador de cemento sufrió una falla en los frenos y chocó con otro camión semirremolque en Transmountain Road, en El Paso. La mezcladora de cemento continuó su camino en un semáforo rojo ubicado una intersección, destruyendo por completo el remolque de un camión de 18 ruedas y luego chocando con otros tres vehículos. El conductor de la mezcladora murió y otras dos personas involucradas en el accidente sufrieron heridas.

El accidente demuestra el peligro de fallas en los frenos de los camiones pueden deberse a un mantenimiento inadecuado del camión. (Herrman y Herrman, 2021).

4.- Mantenimiento informático, empresa de 13 empleados

TAGS: Servicio de mantenimiento informático, Mantenimiento de ordenadores, Servicios informáticos, Mantenimiento de equipos, Mantenimiento de servidores

CLIENTE Y SITUACIÓN

Empresa de formación internacional, especializada en formación a mandos y directivos, con trece empleados.

La empresa disponía de un servidor que daba soporte a todas las funciones de la empresa: correo, ERP, backup, ficheros e impresoras.

Existían ciertos problemas que no dejaban de repetirse de forma recurrente, sin llegar a solucionarse por completo.

Se buscaba un mantenimiento informático efectivo y simple, que además de conferir confianza, tratara de solventar de una vez por todas todos estos problemas. (Rivera, 2023).

5.- Fallas en el motor

En la empresa DEVELON (empresa encargada en la venta y renta de retroexcavadoras, excavadora sobre neumáticos, excavadora sobre oruga). es común encontrar fallas, como lo son las fallas en el motor de combustión interna. Si gira, pero no arranca, funciona de forma irregular, hay un consumo excesivo de combustible, perdió potencia, o simplemente no gira, es probable que los filtros del combustible y el aire estén atascados u obstruidos, el aceite del motor sea erróneo, las baterías estén agotadas, las conexiones de la batería estén sueltas o con corrosiones, entre otros.

Soluciones:

Limpiar los filtros o reemplazarlos.

Cambiar o recargar baterías.

Añadir combustible limpio.

Verificar el estado de los fusibles.

Conectar correctamente los circuitos eléctricos de las baterías.

Fallos de desgaste

Por razones que no podemos controlar o por el paso del tiempo:

Superficie degradada.

Engranajes, cojinetes y tuberías gastados.

Desperfectos mecánicos o eléctricos de motores.

Desalineamientos.

Fugas de agua o aceite.

Obsolescencia.

Accidentes.

Medidas preventivas para evitar fallos

Contar con un equipo profesional calificado para operar nuestras máquinas y capacitarlos constantemente

Llevar un registro del mantenimiento, los fallos ocurridos y las reparaciones realizadas en cada máquina.

Contactar al soporte y servicio postventa de Doosan Bobcat ante cualquier duda.

Realizar inspecciones de rutina para detectar y evaluar patrones anormales de funcionamiento.

Dar prioridad al análisis de los problemas más relevantes para evitar futuras fallas.

Poner toda esta información al alcance del equipo de trabajo.

Saber prevenir e identificar los fallos más comunes en nuestra maquinaria pesada, nos traerá múltiples beneficios. Por ejemplo, gastaremos menos en la compra de repuestos y en la mano de obra para reparaciones, no pasaremos contratiempos ni tendremos periodos de inactividad, pudiendo cumplir con todos nuestros pedidos a tiempo y con la mejor calidad. (Castro, 2024).

6.- Las refinerías de Pemex tienen una edad de entre 31 y 74 años; sin embargo, los accidentes ocurridos recientemente en sus instalaciones revelan una falta de obras de mantenimiento.

Lo anterior, de acuerdo con expertos y trabajadores de la petrolera consultados por El Universal. Estas faltas de mantenimiento elevan el riesgo de que las instalaciones fallen y causen accidentes ambientales y mortales.

La Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA), desde su creación en agosto de 2014 a la fecha, ha puesto tres multas a través de la Dirección de Supervisión, Inspección y Vigilancia de Procesos Industriales, encargada de inspeccionar las seis refinerías y los Complejos Procesadores de Pemex Transformación Industrial.

Esta falta de mantenimiento, inclusive fue reconocida por la actual secretaria de energía. Recordó que unos de sus conocidos eran los encargados de brindar

mantenimiento y siempre que tenían que escoger entre la opción óptima y cara o hacer un arreglo, preferían la segunda alternativa.

Para el experto, ASEA se quedó en una buena idea, ya que Pemex necesitaba un regulador que se cerciora del mantenimiento preventivo y de que las instalaciones fueran seguras “tiene la facultad de poner de rodillas a Pemex y que no puedan arrancar sin cumplir sus recomendaciones, pero en la práctica no ocurre”. (Infobae, 2020).

7.- “Optimización del control de los procesos de operación y mantenimiento para una empresa de telecomunicaciones”

En esta investigación se presenta el caso concreto de la solución alcanzada para esta problemática por la pequeña empresa peruana de procesos y mantenimiento telefónico, llamada: M&N Multiservicios Generales S.A.C, que actualmente provee de estos servicios a la empresa extranjera NOKIA, que a su vez hace lo propio para la gran empresa de telecomunicaciones CLARO que tiene a su cargo la mayor parte de los servicios telefónicos y afines del Perú. Su metodología de trabajo demuestra la importancia decisiva de la optimización de los procesos de soporte técnico y del Mantenimiento por Confiabilidad, de los controles clave de los procesos, de la aplicación de estándares internacionales y el uso de herramientas de punta en campo, no solo para cumplir con los requerimientos de rutina, sino también para la mejora constante de la calidad de los procesos del servicio de la principal y su crecimiento territorial. la importancia decisiva de la optimización de los procesos de soporte técnico y del Mantenimiento por Confiabilidad, de los controles clave de los procesos, de la aplicación de estándares internacionales y el uso de herramientas de punta en campo, no solo para cumplir con los requerimientos de rutina, sino también para la mejora constante de la calidad de los procesos del servicio de la principal y su crecimiento territorial. (Casas, 219).

8.- La elección del tipo de mantenimiento en los sistemas mineros es un problema de decisión multi-criterio porque involucra características tanto cualitativas como cuantitativas, de ahí la necesidad de aplicar herramientas multi-criterio para resolverlo.

El tipo de mantenimiento en el sector minero es una parte muy importante ya que se trata de la producción de la minería, además de eso, también incluye los equipos mineros que trabajan para conseguir su plena disponibilidad a través de un tipo de mantenimiento adecuado. La implementación de la herramienta es AHP (Proceso de Búsqueda Jerárquica). Las fallas que se presenta se deben al desgaste de las partes del hidrociclón como son el ápex y el vortexque producen una falla en la distribución del mineral fino que se va al área de flotación y grueso que regresa al área de molienda, por eso generalmente se hace su mantenimiento o cambio cada dos meses. (ZELIC, 2022).

9.- En los últimos años, además brindarles herramientas de planificación, programación y estandarización del proceso, para que se vea más como una herramienta de ayuda fundamental en el crecimiento económico y de marca y se deje a un lado la idea de que el mantenimiento es necesario únicamente cuando se requiere, o como se conoce dentro de la ingeniería, un mantenimiento correctivo. (Sánchez, 2023).

10.- La presente investigación tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento predictivo basado en un análisis de vibración aplicada al área de espesadores del Proyecto Toromocho, cuya finalidad es optimizar los tiempos de parada por efectos de falla de los equipos en base a las Normas ISO 10816. Para el análisis se determinaron los puntos de medición, se establecieron los niveles de alarma y analizó los niveles de banda espectrales, dando como resultado problemas de desalineación, desbalance, holguras mecánicas, así como también fallas de los acoples. Sin dejar de lado a problemas en las poleas y bandas. Estas dificultades pueden anticiparse mediante un plan de mantenimiento predictivo que son producidas por un mal montaje de los equipos, una vibración excesiva, fallas en los sellos mecánicos, fallas en rodamientos, o por el desempeño disfuncional en los equipos de bombeo y entre otros, cuya identificación y tratamiento de estos problemas nos sirve para evitar paradas innecesarias que afectan el proceso y permitirán mejorar las frecuencias a las que actualmente se efectúan las tareas de mantenimiento evitando un despilfarro en los repuestos. (GARCÍA, 2015).

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

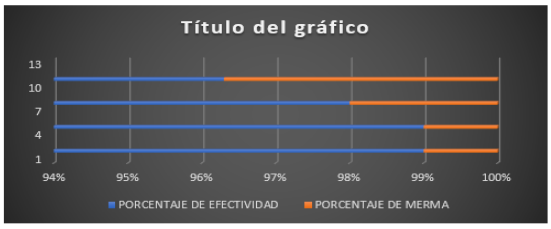
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Metodología de investigación cuantitativa. -

Se cuenta con resultados de registro en donde en los años del 2017 al 2020 se tenía un porcentaje efectivo de entre el 95 % – 98 % en el producto, periodo en el que los sistemas de riego eran completa mente nuevos y se les daba un mantenimiento adecuado *(Gráfica 4,5,6),* a partir del año 2020 (Gráfica 7), por razones de la pandemia COVID-19, se dejó de dar mantenimiento adecuado al equipo, por lo que se puede observar el aumento de merma en la producción de plántula.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			18,000.00			16,500.00			16,000.00			11,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			6,048,000.00			5,544,000.00			5,376,000.00			3,696,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			5,987,520.00			5,488,560.00			5,268,480.00			3,559,248.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			99.00			99.00			98.00			96.30	98.08 %
PORCENTAJE DE MERMA			1			1			2			4	1.93 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00

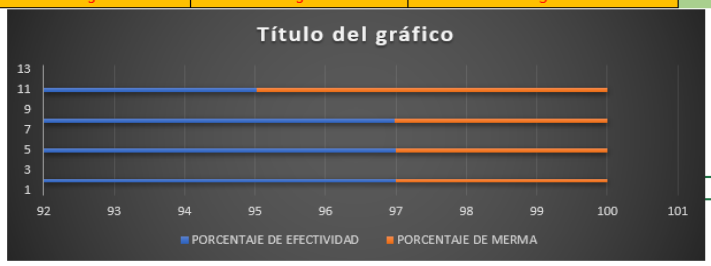


2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 4: producción y merma del año 2017

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
CANTIDAD EN CHAROLAS		12800			13500			12700			7500		
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA		4300800			4536000			4267200			2520000		
CANTIDAD REAL DE PLANTA		4171776			4399420			4138584			2394400		
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD		97			97			97			95		96.50
PORCENTAJE DE MERMA		3			3			3			5		3.50

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00



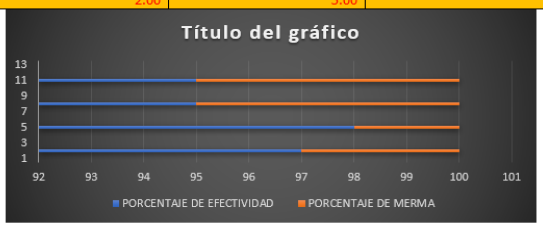
2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 5: producción y merma del año 2018

Imagen 6: organigrama

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			16,500.00			16,500.00			16,000.00			18,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			5,544,000.00			5,544,000.00			5,376,000.00			6,048,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			5,377,680.00			5,433,120.00			5,107,200.00			5,745,600.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			97.00			98.00			95.00			95.00	96.25 %
PORCENTAJE DE MERMA			3.00			2.00			5.00			5.00	3.75 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00

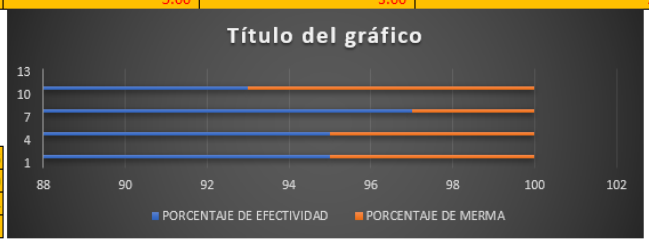


2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 6: producción y merma del año 2019

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIRMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
CANTIDAD EN CHAROLAS			15,000.00			15,500.00			16,000.00			11,000.00	
CANTIDAD ESTIMADA DE PLANTA			5,040,000.00			5,208,000.00			5,376,000.00			3,696,000.00	
CANTIDAD REAL DE PLANTA			4,788,000.00			4,947,600.00			5,214,720.00			3,437,280.00	
PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD			95.00			95.00			97.00			93.00	95.00 %
PORCENTAJE DE MERMA			5.00			5.00			3.00			7.00	5.00 %

CANTIDAD DE PIEZAS POR CHAROLA:	336
CAPACIDAD POR INVERNADERO (CHAROLA)	4500
CANTIDAD DE INVERNADEROS	4
TOTAL DE PLANTAS	6,048,000.00



2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | % ANUAL PROMEDIO

Gráfica 7: producción y merma del año 2020

Con la seria convicción de lograr nuestros objetivos es que nos centramos en el siguiente cronograma (*Imagen 8*).

Cronograma de actividades

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Realizar estudio de campo y detección de anomalías						
Realizar presupuesto						
Dar mantenimiento correctivo al equipo						
Realizar hojas de operación estándar						
Realizar cronograma de mantenimiento						

Imagen 8: cronograma

En donde podemos destacar el estudio de campo durante el mes de enero, este estudio de campo consistió en conocer la maquinaria con la que se debería de realizar la actividad de riego en las plántulas detectando un equipo en mal estado, mismo que es alimentado exterior mente por una bomba de agua de dos pulgadas, así como para su funcionamiento lo hace por medio de vía eléctrica suministrándose un voltaje de 240 Watts.

En el mismo orden de ideas se procuró individualizar cada una de las partes de mayor importancia en el equipo de sistema de riego, con el objetivo de entender el funcionamiento de la maquinaria, esta actividad, se ha realizado durante los meses de enero y febrero, mismas que son las siguientes partes:

1	Motor eléctrico de 240 W
2	Llanta semisólida de 14 x 4.5 cm
3	Llanta semi solida de 25 x 5.5 cm

4	Estrella dentada de 54 dientes
5	Chumacera con balero de 1.5”
6	Cadena de 16” Banda 16”
7	Chasis
8	Guía de movimiento

Imagen 9: tabla de partes de equipo de riego

Durante el trabajo de campo se ha logrado identificar los principales puntos de falla en el equipo, determinando que las ruedas (llantas), chumaceras, cadena, banda y estrella dentada, son los dispositivos que se encuentran con mayor daño, no así el motor que se encuentra con un buen funcionamiento, al igual que el chasis de la máquina que única mente presenta daños estéticos.

Causas de fallas en maquinaria de riego

Tras el estudio de campo se detecta que la falla principal lo han sido la falta de mantenimiento y descuido del equipo, además de que algunas partes del mismo ya han cumplido con su vida útil por lo que tendrán que ser remplazadas. Siendo importante para la empresa contar con un equipo de riego que sea constante y se encuentra en buen funcionamiento, toda vez que el sistema de riego es una de las actividades más importantes para la producción de plántula

Consecuencias en las fallas de equipo de riego

Actualmente por la deficiencia del equipo de riego, se tiene que realizar una aspersión de agua de manera manual, situación que nos está arrojando una merma en la producción de plata que va desde el 16%, en donde si bien es cierto no se han obtenido reclamos oficiales por parte del cliente, se convierte en una situación preocupante, situación que se puede constatar dentro del capítulo siguiente.

Presupuesto de piezas a remplazar

Posterior al estudio de campo se ha logrado detectar que el equipo de riego en general se encuentra en condiciones regulares, siendo algunos puntos los importantes a remplazar, ya que algunos elementos como lo son el motor eléctrico, guías, cadena, estrella guía, no ocupan remplazo, ya que los mismos si bien estéticamente se encuentran en malas condiciones, no lo es así en cuanto a sus funciones eléctricas y mecánicas, mismas que se les encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.

No siendo así en partes mecánicas como lo son las Llantas semisólidas de 14 x 4.5 cm, Llanta semisólida de 25 x 5.5, Chumacera con balero de 1.5", mismas que son importantes para el funcionamiento del equipo, por lo que se opta por remplazarlas, ya que el daño es evidente durante su función son causales de que el equipo de riego no siga las guías colocadas en el suelo, así mismo en las chumaceras se ha logrado detectar que los baleros se encuentran en muy mal estado, toda vez que los

rodamientos se encuentran fuera de su lugar, esto es ocasionado por una falta de mantenimiento constante, haciéndose evidente la falta de lubricación. Por lo que a continuación se muestra el presupuesto ofertado a la empresa Comité Estatal Sistema Producto Chile, Del Estado De Aguascalientes.

cotización de pienzas a remplazar y/o producto requerido			
Imagen gráfica del producto	nombre de la pieza	costos	
	Llanta semisólida de 14 x 4.5 cm	Mercado libre	$663.00
		rodamientos industriales de aguascalientes	$390.00
		Ruedas y rodajes de aguascalientes	$550.00
	Llanta semisólida de 25 x 5.5	Mercado libre	$900.00
		rodamientos industriales de aguascalientes	$780.00
		Ruedas y rodajes de aguascalientes	$800.00
	Chumacera con balero de 1.5"	Mercado libre	$145.00
		Biosa.mx	$230.00
		Distribuidora de baleros del suroeste	$170.00
	Grasa	Mercado libre	$518.00
		Jomsmx	$450.00
		Cadeco Agiascalientes	$470.00

Imagen 10: Cotización de piezas

Si bien es cierto existen productos que son más baratos en mercado libre se opta por dejar esta opción de lado, ya que por cuestiones de logística y además por ser piezas de las que se ocupa certeza para su inserción, así mismo para posteriores compras se opta por tener un distribuidor local el cual se tenga certeza al momento de

necesitar algún otro consumible o bien si se tiene que realizar algún cambio sea más fácil poder encontrar a distribuidor, por lo que el siguiente presupuesto nos arroja como mejor opción:

cotización de pienzas a remplazar y/o producto requerido			
Imagen gráfica del producto	nombre de la pieza	costos	
	Llanta semisólida de 14 x 4.5 cm		
		rodamientos industriales de aguascalientes	$390.00
	Llanta semisólida de 25 x 5.5		
		rodamientos industriales de aguascalientes	$780.00
	Chumacera con balero de 1.5"		
		Distribuidora de baleros del suroeste	$170.00
	Grasa		
		Jomsmx	$450.00
			$1,790.00

Imagen 11: Mejores propuestas de cotización

Como se pueda observar en la tabla anterior, tenemos que la mejor opción para la llanta son la semisólida de 14 x 4.5 cm y las de Llanta semisólida de 25 x 5.5 lo es la tienda denominada como rodamientos industriales de Aguascalientes, mientras que para las Chumacera con balero de 1.5" lo es Distribuidora de baleros del suroeste mientras que para la grasa la mejor opción está en Jomsmx, todas ellas con sucursales en el estado de Aguascalientes, arrojando una cantidad en pesos mexicanos de $1,790.00 (Un Mil Setecientos Noventa Pesos 00/100 M.N.).

Solución de problema

Como ha quedado anterior mente descrito, el sistema actual que se utiliza para la irrigación de plántula lo es de manera manual a chorro directo por aspersión de agua, por lo que una vez observados cada uno de los problemas que presenta el equipo de riego se logra determinar que el mismo falla en distintos puntos drásticos de su operación, detectando que el punto esencial se encuentra en el sistema mecánico del equipo, toda vez que el sistema eléctrico se encuentra funcionando en óptimas condiciones.

Por lo cual se acude a remplazar partes de maquinaria, mismas que son importantes para el correcto funcionamiento del equipo utilizado, se realizan las siguientes operaciones:

1.- remplazo de llantas semi sólidas (alto desgaste por el constante uso)

De lo que podemos determinar que es la parte del equipo de trabajo que sufre mayor desgaste, otorgándole una ponderación de revisiones más constantes que en los demás elementos *(imagen 19)*

Imagen 12: rueda trasera desgastada

Imagen 13: rueda delantera desgastada

2.- se aplica lubricante en chumaceras (aplicación de grasa)

Para la aplicación de grasa en chumaceras, se han retirado, para lograr un buen lubricante hasta el interior del equipo, además también se realizó esta actividad con el objetivo de tener certeza de que los inyectores de grasa no se encontraran obstruidos.

Imagen 14: Chumacera engrasada

3.- se anivela estrella guía

Toda vez que las estrellas guías han recibido un serio daño se opta por llevarlas a un servicio externo que nos proporcionó una nivelación adecuada en el equipo, esto permite que la variación de movimientos, así como las vibraciones disminuyan.

Imagen 15: estrella anivelada

4.- se cortó cadena, y se ajusta al tamaño necesario

Continuamente durante el funcionamiento del equipo, la cadena se caía en varias ocasiones, esto provocaba que el funcionamiento no fuera adecuado y uniforme, por lo que se han cortado un par de eslabones, lo que nos permite tener una tensión adecuada en el equipo de riego.

Imagen 16: cadena alineada

5.- se realiza limpieza interna en tubos y boquillas de aspersión.

Esta actividad más que pertenecer a un mantenimiento correctivo se le atribuye a un mantenimiento correctivo, ya que los mismos se encuentran en buen estado, por lo que solo fue necesario realizar limpieza al interior de los mismos.

Imagen 17: aspersor sucio

Imagen 18: aspersor destapado

6.- se realiza limpieza en guías de carritos.

Es de importancia señalar que el sistema se le dio a todo el sistema de riego, por lo que algunas partes solo se optó por realizar limpieza de madera general, buscando que el equipo, primera mente fuera funcional y posteriormente quedara lo mayor mente posible limpios.

Al realizar las actividades anterior mente descritas, se logra observar que el trabajo de la maquinaria se vuelve constante, en donde se encontraban detalles de maniobrabilidad, en esencial en la cadena, se dejan de observar movimientos rústicos, siendo que los mismos son constantes y además el carrito no se atora a lo largo de la guía terrestre, el giro de la estrella guía es constante sin que la cadena sufra tropiezos, las llantas permiten un mejor agarre al suelo, además no se observan boquillas tapadas. Siendo que el recorrido que actualmente realiza el equipo aspersor lo es en un periodo adecuado. Por lo que a continuación se pretende observar el perfecto irrigado de las plántulas.

Es de importancia señalar que a continuación se dará a conocer un plan maestro de mantenimiento *(Figura 19 y 20)* de mantenimiento, donde se logró desarrollar un checklist que permite observar los tiempos en que cada una de las piezas deberá de ser confirmada en cuanto a su funcionamiento, esto nos permite tener un control visual que guiara al usuario para conocer los tiempos en que se tiene que dar mantenimiento a un objeto o bien es su oportunidad realizar el remplazo. Del Checklist *(Figura 20)* se desprende del plan maestro de mantenimiento *(Figura 19)*.

La siguiente tabla se ha realizado una vez detectados el tiempo necesario de revisión del equipo, se pudo llevar a cabo una vez que se pudo identificar cada una de las partes de nuestro equipo de riego. Así mismo en la imagen 20, podemos observar el checklist que nos permitirá conocer el estado del equipo, es necesario puntualizar que el estudio para remplazo de equipo se centrara en la observancia del operador, donde colocara en cada una de las celdas de las propuestas a revisar ok o ng, a excepción de

los apartados donde se pueda hacer una medición, por ejemplo las llantas semi-sólidas, aceptan hasta un 15 % de desgaste (tolerancia que permite que el equipo no rose con el suelo), es decir si la llanta mide 14 cm al multiplicarlo por 15 porciento, nos arroja el resultado de 2.1 cm de tolerancia en el desgaste, una vez superada está tolerancia la llanta tendrá que ser remplazada.

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE RIEGO									
NTENIMIENTO DE EQUI	ELEMENTOS A REVISAR			PARAMETRO A CONTROLAR			PRUEBAS A EJECUTAR		
	ELEMENTOS	PERIODICIDAD DE REVISIÓN	PERIODICIDAD DE INFORME	PARÁMETRO	PERIODICIDAD DE PRUEBA	PERIODICIDAD DE INFORME	PRUEBAS	PERIODICIDAD DE PRUEBA	PERIODICIDAD DE INFORME
Motor eléctrico de 240 W	Carcasa, armadura de motor	1vez al año	1vez al año	Oxidación	1vez al año	1vez al año	revisión física de óxido	1vez al año	1vez al año
	Cableado de motor	1vez cada 6 meses	1vez al año	rupturas en recubrimiento	1vez cada 6 meses	1vez al año	revisión visual de cableado	1vez cada 6 meses	1vez al año
	Cepillos eléctricos	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses	Estado de desgaste	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses	revisión visual de cepillos	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses
Llanta semisólida de 14 x 4.5 cm	llanta semi-sólida	1vez al mes	1vez cada 6 meses	grosor de llanta	1vez al mes	1vez cada 6 meses	medición con flexómetro	1vez al mes	1vez cada 6 meses
	balero interno	1vez al mes	1vez cada 6 meses	libertad de rodamiento	1vez al mes	1vez cada 6 meses	probar y escuchar el funcionamiento de balero	1vez al mes	1vez cada 6 meses
	flecha	1vez al mes	1vez cada 6 meses	rectitud de flecha	1vez al mes	1vez cada 6 meses	girar en suelo plano	1vez al mes	1vez cada 6 meses
Llanta semi sólida de 25 x 5.5 cm	llanta semi-sólida	1vez al mes	1vez cada 6 meses	grosor de llanta	1vez al mes	1vez cada 6 meses	medición con flexómetro	1vez al mes	1vez cada 6 meses
	balero interno	1vez al mes	1vez cada 6 meses	libertad de rodamiento	1vez al mes	1vez cada 6 meses	probar y escuchar el funcionamiento de balero	1vez al mes	1vez cada 6 meses
	flecha	1vez al mes	1vez cada 6 meses	rectitud de flecha	1vez al mes	1vez cada 6 meses	girar en suelo plano	1vez al mes	1vez cada 6 meses
Estrella dentada de 54 dientes	dientes y diámetro de estrella	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses	diámetro y estado dentado	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses	contar cada uno de los dientes, con flexómetro consultar diámetro	1vez cada 6 meses	1vez cada 6 meses
Chumacera con balero de 1.5"	balero interno	1vez al mes	1vez al mes	libertad de rodamiento	1vez al mes	1vez al mes	probar y escuchar el funcionamiento de balero	1vez al mes	1vez al mes
	lubricación de chumacera	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	buen estado de lubricación	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	viscosidad de grasa	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses
Cadena de 16"	cadena de 16"	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	tensión de cadena	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	prueba manual de tensión	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses
Banda 16"	banda de 16"	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	tensión de banda	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	prueba manual de tensión	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses
chasis	estructura	1vez al año	1vez al año	integridad de la estructura	1vez al año	1vez al año	revisión visual de estructura	1vez al año	1vez al año
Guía de movimiento	lubricación en guía	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	buen estado de lubricación	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	viscosidad de grasa	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses
	estructura	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	integridad de la estructura	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses	revisión visual de estructura	1vez cada tres meses	1vez cada tres meses

Imagen 19: Plan Maestro de Mantenimiento

				MES DE REVISION DE EQUIPO											
ANTENIMIENTO DE EQUIP	ELEMENTOS	PARÁMETRO	PRUEBAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOMBIEMBRE	DICIEMBRE
Motor eléctrico de 240 W	Carcasa, armadura de motor	Oxidación	revisión física de óxido												
	Cableado de motor	rupturas en recubrimiento	revisión visual de cableado												
	Cepillos eléctricos	Estado de desgaste	revisión visual de cepillos												
Llanta semisólida de 14 x 4.5 cm	llanta semi-sólida	grosor de llanta	medición con flexómetro												
	balero interno	libertad de rodamiento	probar y escuchar el funcionamiento de												
	flecha	rectitud de flecha	girar en suelo plano												
Llanta semi sólida de 25 x 5.5 cm	llanta semi-sólida	grosor de llanta	medición con flexómetro												
	balero interno	libertad de rodamiento	probar y escuchar el funcionamiento de												
	flecha	rectitud de flecha	girar en suelo plano												
Estrella dentada de 54 dientes	dientes y diámetro de estrella	diámetro y estado dentado	contar cada uno de los dientes, con flexómetro consultar												
Chumacera con balero de 1.5"	balero interno	libertad de rodamiento	probar y escuchar el funcionamiento de												
	lubricación de chumacera	buen estado de lubricación	viscosidad de grasa												
Cadena de 16"	cadena de 16"	tensión de cadena	prueba manual de tensión												
Banda 16"	banda de 16"	tensión de banda	prueba manual de												
chasis	estructura	integridad de la estructura	revisión visual de estructura												
Guía de movimiento	lubricación en guía	buen estado de lubricación	viscosidad de grasa												
	estructura	integridad de la estructura	revisión visual de estructura												

Imagen 20: Plan Maestro de Mantenimiento

los parámetros se limitaran a marcar ok o ng. En las cuestiones de medida la tolerancia lo será solamente un 15 % del tamaño total de la pieza, de lo contrario se tendrá que remplazar

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

Resultados

Objetivo Propuesto	Resultado Esperado
Implementar un plan de mantenimiento a equipo de riego, que permita mantener las plantas con la hidratación adecuada.	Como se muestra en la figura 9, se ha generado un plan de mantenimiento para determinar el tiempo de mantenimiento del equipo

Si bien es cierto y desafortunadamente por las premuras de los tiempos, así como de que la siembra de plántula no permite realizar pruebas a corto plazo, el equipo de riego queda funcional, realizando un recorrido apegado a los tiempos estimados dentro de la introducción de este proyecto, de igual manera se deja el factor humano de lado, solamente ocupándose en el momento de encender el equipo, así como de atender cualquier causa externa al funcionamiento del mismo. De igual manera será el factor humano en base al checklist (Figura 10), quien determine el momento adecuado para realizar el cambio de piezas o bien poder dar mantenimiento a nuestro equipo de trabajo. Una vez armado el equipo de trabajo, se logra observar y calcular tiempos que son adecuados al funcionamiento original.

Imagen 21: equipo terrestre en funcionamiento

Imagen 21.1: equipo terrestre en funcionamiento

Imagen 22: equipo aéreo en funcionamiento

Imagen 22.1: equipo aéreo en funcionamiento

Gracias a los gráficos de control agregados al presente proyecto, se logra tener una información gráfica, que le permita al usuario una visualización cómoda de los datos con los que se cuenta (graficas de la 1 a la 7).

Es así que el tiempo estimado de recorrido del equipo de riego durante los años 2017 al 2020, lo era en un aproximado de 120 minutos, cuestión que no se presentó así durante los años 2021 al 2023, siendo que realizaba el recorrido en un tiempo estimado de 160 minutos, hasta el momento en que dejo de funcionar en el último año, por lo que de nueva cuenta, al tomar el tiempo de recorrido del equipo de riego nos arroja un promedio de entre 110 minutos y 130 minutos, por lo que se observa en la siguiente tabla el promedio de diez pruebas desde el punto de origen al punto final *(Imagen 23 y 24)*

# de muestra	tiempo real
Toma de tiempo 1	118
toma de tiempo 2	111
Toma de tiempo 3	130
Toma de tiempo 4	123
Toma de tiempo 5	120
Toma de tiempo 6	116
Toma de tiempo 7	118
Toma de tiempo 8	128
Toma de tiempo 9	113
Toma de tiempo 10	119
	119.6

Imagen 23: toma de tiempos

Imagen 24: gráfica de tiempos

Lo que nos arroja un promedio de 119.6 minutos, tiempo apegado a los inicios de funcionamiento del equipo de riego, mismo que era el adecuado durante el tiempo de funcionamiento correcto en los años del 2017 al 2020.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Conclusiones del proyecto

Orgullosamente en nuestro proyecto hemos logrado poner de nueva cuenta en funcionamiento un equipo de trabajo que prácticamente se encontraba en estado de chatarra. Si bien es cierto el equipo se encontraba dañado, lo fue por el resultado de falta de conciencia y de evidencia no empírica que mostrara resultados visuales tanto a los capturadores de la información como a las personas que utilizan el equipo de riego, tomando en cuenta que lo más difícil de nuestro proyecto lo fue poner en marcha de nueva cuenta el equipo de riego, se lograron detectar puntos torales en las fallas del mecanismo, por ejemplo el desgaste de las diversas llantas superior al 15 por ciento ocasiona que la estrella de empuje comience a topar en el concreto, ocasionando que la misma estrella pierde la nivelación y de igual manera que las guías del equipo se desgasten de manera anticipada.

Si bien es cierto el tiempo en que se realiza el presente proyecto lo es muy corto, cuestión que no permite por el momento contar con todos los elementos de variables cuantificables, tras la prueba del equipo el mismo tiene un funcionamiento normal, con tiempos adecuados, muy similares a los tiempos originales de trabajo, tiempos que han quedado precisados dentro del capítulo de introducción. De igual manera dejamos implementado dentro de nuestro checklist, puntos críticos para que el equipo continúe funcionando correctamente, esto con la intención más clara de eliminar el factor humano dentro de la actividad realizada. Obteniendo un claro resultado al momento de implementar el mantenimiento en equipo de trabajo, ya que, si bien en muchas de las ocasiones el operador es consciente de las fallas en la maquinaria, no existe documento que le permita a él y a su subordinado conocer el comportamiento de los elementos que en un futuro se volverán en un dolor por constantes fallas en el equipo de trabajo.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Competencias desarrolladas y/o Aplicadas.

1. Aplicamos habilidades propias para la detección de anomalías en herramientas de trabajo.
2. Conocimos el verdadero trabajo de campo, lo que nos permitió utilizar herramientas de trabajo para la consolidación de nuestro proyecto.
3. logramos conocer más sobre lo necesario para poder implementar un Plan Maestro de Mantenimiento.
4. logramos conocer de las diferentes metodologías para generar un presupuesto apegado a la realidad, que nos permita realizar compras certeras.
5. Logramos aplicar conocimientos adquiridos dentro de la formación del ingeniero industrial.
6. Se obtiene resiliencia a la frustración, así como a trabajar bajo presión.
7. Se ha logrado aprender a apegarse a un programa de tiempo, que permitió el apegarse a metas y objetivos claros precisos y concisos.
8. Gestionamos recursos con el objetivo de lograr que el quipo funcionara con piezas de buena calidad, comparando entre calidad, funcionalidad y precios.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

Casas, R. (15 de Enero de 219). Universidad Ncional del Callo. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12952/3429

Castro, P. (10 de Enero de 2024). DEVELON. Obtenido de https://develon-ce.cl/novedades/55_-Fallos-comunes-en-maquinaria-y-c%C3%B3mo-solucion.html

Clavijo Ríos, L. M., & Rodríguez Escobar, M. D. P. (2003). Propuesta mantenimiento autónomo TPM e implementación de" limpieza e inspección" en línea No. 3 Meals de Colombia SA (Bachelor's thesis, Universidad de La Sabana.).

GARCÍA, E. A. (16 de 04 de 2015). BAN Biblioteca Agricola Nacional. Obtenido de https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2145

Herrman y Herrman. (26 de Mayo de 2021). Obtenido de https://www.herrmanandherrman.com/blog/accidentes-camiones-mantenimiento-inadecuado/

Infobae. (23 de Agosto de 2020). Obtenido de https://www.infobae.com/america/mexico/2020/08/23/refinerias-de-pemex-en-riesgo-de-accidentes-ambientales-y-mortales-por-falta-de-mantenimiento/

Nuñez ChacaguasayV, K. O. (2024). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo en base a la norma ISO 55000 para la maquinaria de la empresa Cepolfi en la ciudad de Ambato (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica).

Principia. Solutions. (18 de Noviembre de 2019). Obtenido de https://www.principia.solutions/mantenimiento-predictivo-caso-exito-fabrica-papel/
Rivera, C. (22 de Noviembre de 2023). Oceano Soluciones en Informatica . Obtenido de https://www.oceano-it.es/casos-empresa/274/caso-real-de-mantenimiento-informatico-en-empresa-de-13-puestos

Sánchez, D. P. (12 de 04 de 2023). Repositorio Institucional RI-UTS. Obtenido de http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/12117
Sacristán, F. R. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. Técnica Industrial, 308(1), 30-41.

Torrez, R. (28 de Abril de 2014). El Economista. Obtenido de https://www.eleconomista.com.mx/politica/Fallas-en-Linea-12-por-falta-de-mantenimiento-Empresas-20140428-0132.html

ZELIC, P. D. (5 de Febrero de 2022). Universidad Nacional del Centro de Peru. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12894/8289

CAPÍTULO 9: ANEXOS

Anexos

Anexo 1

Carta de presentación del estudiante y agradecimientos

Anexo 2

Carta de aceptación

Anexo 3

Carta de término de residencias