



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Br. Jimmy Jhony Santos Chero (ORCID: 0000-0003-0504-3686)

ASESOR:

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva.

PIURA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A mi familia, mis padres, hermanas e hijo, quienes han sido parte fundamental a lo largo de este camino para poder culminar con éxito mi carrera profesional,

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios, por bendecirme todos los días de mi vida y guiarme a lo largo de mi vida y en especial de mi carrera profesional.

A mi familia, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A los docentes de esta prestigiosa Universidad César Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi carrera profesional, por su valioso aporte para cumplir mi meta y culminar con éxito mi carrera.

A la Universidad César Vallejo, por brindarme la formación académica para lograr ser un profesional con valores.

Página del jurado

Declaratoria de Autenticidad

Yo Jimmy Jhony Santos Chero, con DNI: 46037944, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Piura, 15 de noviembre del 2019.



Jimmy Jhony Santos Chero
DNI: 46037944

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	15
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
2.2. Operacionalización de variables.....	16
2.3. Población, muestra y muestreo.....	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	17
2.5. Procedimiento.....	18
2.6. Método de análisis de datos.....	19
2.7. Aspectos éticos.....	20
III. RESULTADOS.....	21
IV. DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENTACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS.....	35
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	35
Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos.....	36
Anexo 3: Validación de instrumentos.....	45
Anexo 4: Datos estadísticos.....	51
Anexo 5: Plan de mantenimiento preventivo.....	54
Anexo 6: Acta de originalidad de turnitin.....	67
Anexo 7: Pantallazo de software turnitin.....	68
Anexo 8: Autorización de publicación de tesis.....	69
Anexo 9: Autorización versión final de tesis.....	70

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de operacionalización de las variables.....	27
Tabla 2. TMF antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.....	32
Tabla 3. Prueba de muestra relacionado para el TMF	33
Tabla 4. TMR antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo	33
Tabla 5. Prueba de muestra relacionado para el TMR.....	34
Tabla 6. Disponibilidad antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento.	36
Tabla 7. Costos de materiales consumibles para el mantenimiento preventivo	37

Índice de figuras

Figura 1. Figura de disponibilidad actual.....	31
Figura 2. Figura análisis de costos.....	35

RESUMEN

La investigación titulada “Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019”, tuvo como objetivo principal la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019. El tipo de investigación desarrollada fue aplicada, con diseño experimental en la categoría de pre-experimental. La población estuvo conformada por las 12 estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC. La técnica empleada consistió en el análisis documental y se utilizaron los instrumentos como formato de registro de ocurrencias, formato de cálculo de TMF, TMR y disponibilidad; concluye que se puede apreciar en la Tabla N°2 que TMF de las estaciones de bombeo después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo aumentan con respecto a los meses anteriores, de la misma manera se aprecia en la Tabla N°4 que TMR para todas las estaciones de bombeo después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo disminuye con respecto a los meses anteriores, aumentando la disponibilidad en 10%, se logró llegar al 95% después de la aplicación del mantenimiento preventivo; recomienda cumplir con el plan de mantenimiento preventivo cada 4 meses.

Palabras clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, TMF, TMR

ABSTRACT

The research entitled “Application of a preventive maintenance plan to improve the availability of the electrical system in the pumping stations of the Agroaurora SAC Sullana 2019 Company”, had as main objective the application of a preventive maintenance plan to improve the availability of the electrical system in the pumping stations of the Agroaurora SAC Sullana 2019 Company. The type of research developed was applied, with experimental design in the pre-experimental category. The population was formed by the 12 pumping stations of the company Agroaurora SAC. The technique used consisted of documentary analysis and the instruments were used as occurrence recording format, TMF calculation format, TMR and availability; concludes that it can be seen in Table N ° 2 that TMF of the pumping stations after the application of the pre-ventive maintenance plan increases with respect to the previous months, in the same way it can be seen in Table N ° 4 that TMR for all pumping stations after the application of the preventive maintenance plan decreases with respect to the previous months, increasing availability by 10%, it was possible to reach 95% after the application of preventive maintenance; recommends complying with the preventive maintenance plan every 4 months.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, TMF, TMR

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó con la finalidad de mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019 a través de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo. En este apartado se presenta la realidad problemática que originó la investigación, los trabajos previos que sirvieron de guía para el desarrollo, las teorías relacionadas como sustento científico, las preguntas que orientaron la investigación, las razones que permitieron justificar el trabajo, la formalización del problema de investigación a través de preguntas, las hipótesis planteadas y los objetivos propuestos.

En la actualidad, se pone mayor atención a las actividades que estimulan económicamente el crecimiento industrial de los países en desarrollo. Sin embargo, este crecimiento no se basa solo en la realización de inversiones para la construcción de nuevas plantas de producción, sino que es importante utilizar de manera efectiva las instalaciones existentes, siendo un requisito esencial establecer un plan de mantenimiento que sea efectivo. El mantenimiento preventivo crea las condiciones propicias para lograr un funcionamiento efectivo de los equipos de una organización, siendo su objetivo principal mantener los equipos disponibles para el proceso de producción. Del mismo modo, reduce los costos de operación causados por fallas inesperadas del equipo y aumenta el retorno de inversión. Es por estas razones que es considerado un factor decisivo para mejorar la rentabilidad y la competitividad de una empresa.

Para las empresas el mantenimiento preventivo es un factor importante para mejorar la disponibilidad de los equipos que se necesita para el proceso productivo, sin embargo, existen empresas que no le dan la importancia debida, visualizando al mantenimiento como un gasto innecesario y no como una buena inversión.

La empresa AGROAURURA SAC, está situada en la provincia de Sullana en la carretera Sullana - Paita en el kilómetro 18. Cuentan con una extensión total de 7.500 hectáreas, para lo cual realiza un riego tecnificado por goteo y cuenta con 12 estaciones de bombeo que alimentan las líneas de riego por goteo (DPS). Esta planta inicia sus actividades el 2 de marzo del año 2015 y desarrolla dos actividades principales: cultivo de caña de azúcar y producción de alcohol etílico al 99%. Para la producción de la caña de azúcar cuenta con 12 DPS suministrada con una red de 22.9 kv y trasformada a 480 voltios, con una

extensión de 625 hectáreas cada una. La producción aproximada de caña de azúcar es de 180 toneladas como mínimo y 240 como máximo por hectárea.

Las estaciones de bombeo no funcionan de forma adecuada, éstas realizan paradas no programadas que son ocasionadas por fallas eléctricas. Estas paradas generan pérdida de presión en la salida de agua representando un problema para el cultivo de caña de azúcar, lo que a largo plazo afectaría la producción de la empresa. Las fallas en el sistema eléctrico obedecen a factores externos principalmente a las condiciones ambientales. Debido a que las estaciones de bombeo están ubicadas al costado de una carretera donde circulan vehículos pesados y generan polución. Esta polución se adhiere a los equipos eléctricos como son arrancadores soft-start, interruptores trifásicos y monofásicos, banco de condensadores, PLC, transformadores de mando, circuitos de control, entre otros.

Para esta investigación aprovechamos los cuadernos de reporte diario que realiza los operadores de cada estación de bombeo, nos permitió obtener información de las fallas eléctricas, del mismo modo estos datos fueron plasmados en hojas de cálculo Anexo(2) para poder obtener la disponibilidad y los meses de evaluación fueron de Enero hasta febrero obteniendo como resultado una disponibilidad promedio de 83% a 89% en las estaciones de bombeo, lo cual está por debajo del 95% que es el valor esperado por la empresa. en la cual en el anexo (2) se muestra las tablas de cálculos realizados. Asimismo, la infraestructura de las casetas de los tableros no es adecuada; pues no cuenta con aire acondicionado o extractores de aire para su ventilación obligando a que las ventanas y puertas permanezcan abiertas, deteriorando el equipo.

Como se observa la empresa no cuenta con un sistema de mantenimiento preventivo que garantice el adecuado funcionamiento de sus equipos, lo que afecta en disponibilidad del sistema eléctrico, necesario para el funcionamiento de las electrobombas que alimentan las líneas de riego. Dadas estas condiciones, la investigación se lleva a cabo para determinar ¿En cuánto mejora la disponibilidad del sistema eléctrico de las estaciones de bombeo mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo?

Se realizó una búsqueda de antecedentes relacionados con las variables de estudio encontrándose investigaciones en el ámbito internacional tales como las de Doniz (2011), Rivera (2013) y García (2015) en el ámbito local los trabajos de Flores (2016), Vega (2017) y Ramos (2017).

Doniz, (2011), su trabajo tuvo como fin plantear una alternativa de mantenimiento para el buen funcionamiento de los equipos biomédicos del Instituto Mexicano del Seguro Social, el mantenimiento que propone Doniz (2011) en su investigación, es de tipo preventivo – predictivo, el autor considera de vital importancia el mantenimiento propuesto, pues se está previniendo el paro total del proceso productivo de la empresa, además de poner en riesgo incluso la vida de las empleados, entre los beneficios que propone el autor una vez implementado el programa de mantenimiento están la disminución de costos, resolver los causas que conllevan al daño de los equipos de la institución, adecuado uso de los recursos y validación de los propuesto por Doniz. Los principales resultados indican que para la implementación del sistema se resolvieron problemas como el retardo de servicios y eficiencia en la planificación del mantenimiento de los equipos.

García (2015) realiza una investigación cuyo objetivo es implementar un modelo de mantenimiento en el departamento de alta tensión SCT de la ciudad de México para mejorar el servicio de transporte en esta ciudad, el programa de manteniendo que proponen en la investigación es de tipo preventivo, donde se procura mejorar los modelos de manteamiento preventivo que venía implementando la empresa, determinar las causas que inducen a un inadecuado uso del sistema de manteniendo actual, así como la mejora en la disponibilidad de datos. Esto a criterio del autor conlleva a la empresa a ser competitiva, pues se mejora el desempeño de todas las áreas de una organización entregando así un producto y/o servicio de calidad, precisamente los principales resultados muestran que la empresa en cuestión contaba con un programa que no otorgaba la información a tiempo para la detección de las posibles fallas.

Rivera (2013) presenta como objetivo principal hacer un diagnóstico del programa de mantenimiento del sistema eléctrico de la ciudad de Zulia y presentar recomendaciones para mejoras del mismo de ser necesario, asimismo los resultados indican necesario la actualización y aplicación del sistema de mantenimiento preventivo – predictivo, además de recomendar la aplicación de un sistema de auditoría para que controle y haga un seguimiento adecuado de la gestión de mantenimiento, ello permitirá mayores niveles de eficiencia y productividad en este sector. La investigación es de tipo descriptiva y no experimental, además de la aplicación de instrumentos de medición como cuestionarios

a trabajadores del área de transmisión y planificación, cabe señalar que se tomó en consideración esta investigación, por la variable de interés analizada, “Gestión de Mantenimiento”.

Vega (2017), en su investigación propone la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, sumando así al ya existente de tipo correctivo en la empresa Grúas América S.A.C., la implementación del sistema comienza con la recaudación de información del área de planificación obteniendo como principales resultados la confirmación para adicionar un sistema de mantenimiento de carácter preventivo pues los resultados indican que al aplicar este sistema de mantenimiento el porcentaje de disponer maquinarias aumenta en un 96%, esto representa un aumento del 8% con respecto a la disponibilidad de maquinaria que tenía la empresa con el programa de mantenimiento de tipo correctivo.

Ramos (2017), realiza una investigación cuyo objetivo es proponer un plan de mantenimiento de tipo preventivo con el fin de que la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. disponga en gran parte de su equipo y maquinaria para su posterior uso en el sistema productivo, el autor considera la importancia de la aplicación del sistema de mantenimiento preventivo para una mejora en la determinación de las causas que ocasionan las fallas en las maquinarias y equipos, además de que ello incurre en el largo plazo en la disminución de costes operacionales y aumentar la competitividad de la empresa, la investigación resalta los resultados de la implementación del sistema propuesto en que la disponibilidad de maquinarias como la fresadora y la mandriladora, en ambas se logró aumento de 80% a 90 % y de 84% a 95% respectivamente, equivalente a un tasa de crecimiento aproximadamente de 10%, asimismo se resalta la disminución de costes operacionales de la empresa, logrando así no solo mayor uso de sus recursos sino mejorando en niveles de productividad, eficiencia y competitividad.

Flores, et al., (2016), en su investigación de tipo descriptivo y correlacional tiene como fin la evaluación de un sistema de mantenimiento preventivo y la relación que tiene como disponibilidad de una flota de camiones 730 Komatsu, la investigación se realiza tomando como base teórica de que una organización es más productivo siempre y cuando minimice fallas operacionales que pueden ocurrir en el proceso productivo, los principales resultados de la investigación arrojan que la empresa Komatsu Maquinarias Perú S.A. muestra una adecuada relación entre el sistema de mantenimiento preventivo y la disponibilidad

de sus maquinarias, ello se pudo medir mediante análisis de regresión múltiple que proporciona indicadores como los coeficientes de correlación con un adecuado nivel de significancia estadística, indicadores de confiabilidad y consistencia de los datos utilizados, dicha información fue recabada del área de planeación, ante ello la investigación resalta los beneficios de la aplicación de este tipo de mantenimiento reflejados en la competitividad y solidez de la empresa.

Roncal (2017), realiza una investigación cuya característica es ser cuasi experimental, pues tiene como fin la aplicación de un plan de mantenimiento de tipo preventivo en la empresa TRANSVIAL LIMA S.A.C. para aumentar la disponibilidad de vehículos de la misma, asimismo es de carácter descriptiva por que se enfatiza en descubrir las causas que conllevan a fallas en los equipos de transporte aumentando costos para la empresa, el autor enfatiza en este aspecto la importancia de la investigación considerando como base que la aplicación del sistema de mantenimiento preventivo no es costosa y que un plazo no muy largo reducen los costos y aumentan las utilidades de la empresa, entre los costos que se reducen son aquellos recursos que se destinaban en la reparación de los vehículos para tenerlos operativos, asimismo la técnica e instrumentos de medición utilizados son la observación, formatos de inspección y ordenes de trabajo, respectivamente, entre los formatos de inspección que utiliza se encuentra Check list de forma semanal mensual y diaria.

Las teorías utilizadas en la presente investigación están relacionadas con el mantenimiento preventivo y la disponibilidad. La investigación se respalda en autores como Lindley (2001), IntegraMarkets (2018), Silva (2015) y SENATI (2009), Torrel et al (2010), Rey (2001) y Ramos (2017) en sus aportes sobre la gestión de mantenimiento. Las teorías de Gonzales (2005), Rodríguez (2008), Mora (2009) y Muñoz (2010) sirvieron como base para la disponibilidad.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones a lo largo de los años, como resultado de los cambios en los procesos industriales. En el período 1940-1950 solo se conocía el mantenimiento correctivo, mientras que en la actualidad se establecieron tres tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo; lo que permite mejoras en la productividad de la empresa. Existen diversos autores que definen la gestión del mantenimiento. Para Lindley (2001) es el conjunto de procedimientos, actividades que una vez realizadas logran que los objetos, los sistemas y dispositivos realicen sus funciones adecuadamente.

Una definición similar la ofrece IntegraMarkets (2018): “Es el conjunto de procedimientos que se ejecutan con la finalidad de conservar en perfecto estado a las maquinarias, equipos, e infraestructura, lo que avala el buen funcionamiento del proceso de producción industrial”

Según SENATI (2009), el mantenimiento se refiere a las tareas esenciales que se planificaron para que un equipo se conserve o arregle, lo que respalda la duración del mismo y garantiza que cumpla con sus funciones. El mantenimiento tiene como pilar principal la planificación, consiste en desarrollar acciones que mantengan la confiabilidad del sistema, el equipo y las máquinas o lograr que recupere sus condiciones iniciales de forma segura y a un costo mínimo. Esta es una función indispensable para sector de producción. Silva, (2015)

Como se constata todas las definiciones llegan al mismo objetivo, que el mantenimiento crea las condiciones propicias para lograr un funcionamiento efectivo de los equipos de una organización. Actualmente existen varios tipos de mantenimiento que pueden ser aplicados para mejorar la eficiencia en una empresa, muchos de ellos no solo concentran sus atenciones en la corrección de los desperfectos, sino que también actúan antes que se concreten. Así se destacan los siguientes tipos: Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo. En la investigación, nos basaremos en los aspectos que engloba el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se refiere a las tareas realizadas durante un período de tiempo con el objetivo de impedir la degradación de un componente o de un sistema, mediante el descubrimiento a tiempo de las fallas que tenga. También logra ampliar el período útil de los mismos. Carranza Solis y Rosales Lozano (2018). Una definición más sencilla es la que da Olives (2010): Es el conjunto de operaciones destinadas a optimizar el funcionamiento del equipo e infraestructura, para prevenir paradas en el proceso. Chiotti y Edwin (2018)

El propósito de este tipo de mantenimiento es el de desarrollar la inspección para descubrir los desperfectos y corregirlas en el instante adecuado logrando mantener el equipo y la infraestructura en perfecto estado, alargando así los años de operación. Silva, (2015).

En síntesis, el mantenimiento preventivo, ayuda a detectar las fallas en la maquinaria o equipo con la finalidad de corregirlas en el tiempo adecuado y garantizar la duración de

las mismas. Esta acción, ayuda a impedir paradas en el proceso de producción, así como reducir costos de reparación para la empresa, de allí la importancia de implementar el mantenimiento preventivo. Dentro del mantenimiento preventivo existen dos clasificaciones: el mantenimiento periódico (TBM) y el mantenimiento basado en condiciones (CBM). El mantenimiento periódico, consiste en realizar actividades planificadas que favorecen el funcionamiento permanente de la maquinaria, lo que implica la inspección, limpieza y renovación de partes de manera periódica con el objetivo de prevenir fallas e imperfectos. Torrel et al, (2010).

Para Rey (2001), consiste en realizar un conjunto de tareas y/o actividades antes que se produzca un fallo evitar una parada innecesaria en pleno funcionamiento. Las actividades consideradas como parte del mantenimiento son las siguientes: cambio de piezas, ajustes, detección de fallas, reparación del equipo, conservación, revisión, lubricación, limpieza, entre otras. (UPRL, s.f). Para que las actividades se desarrollen de manera normal, se necesita que se ejecuten por el departamento de producción de las empresas, así como el departamento de mantenimiento con el fin de que los objetivos puedan ser alcanzados. Nos dice que se tiene en cuenta cuáles serán las actividades que se deben realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté detenido. Tolentino y Antonio (2018)

Por otro lado, el segundo tipo de mantenimiento preventivo es el basado en las condiciones (CBM), el cual es un tipo de gestión que propone soluciones, ya sea de reparación o reemplazo de la maquinaria, basándose en su condición actual o futura. Este mantenimiento permite disponer de una gran cantidad de datos sobre la maquinaria, facilitando la detección de errores o fallos de la máquina de forma anticipada. Cofrico, (2018). Este mantenimiento es necesario para lograr la competitividad de la empresa. Está basado en el uso de equipos de evaluación y técnicas que procesan señales que permiten realizar el diagnóstico de las condiciones del equipo y determinan el momento adecuado para el mantenimiento. Está basado en condiciones reales de la maquinaria y no en periodos de tiempo. Torrel et.al, (2010)

La implementación del mantenimiento preventivo resulta favorable para la empresa, presentando una serie de ventajas, que de acuerdo a Valbor (2018), entre los que destacan se tiene, al ser controlado se puede programar la parada de la máquina sin afectar la programación de la producción y ayuda al ahorro, esto se debe a que disminuye el costo de

las reparaciones causadas por fallas inesperadas de los equipos. En otras palabras, disminuye un mantenimiento correctivo. También se reducen los riesgos por fallas en los equipos. Asimismo, mejora la vida útil de los equipos y disminuye los paros de la producción. Heras y Piter (2019)

Como se observa, el mantenimiento preventivo cuenta con desventajas mínimas, que no deben ser vistas como impedimento para su implementación. Precisamente poner en funcionamiento un plan de mantenimiento, es un amplio proceso, que necesita seguir una serie de pasos. Los pasos que existen para un mantenimiento son los siguientes: Selección del personal, desarrollar la planificación del mantenimiento, listar las actividades a realizar y el control del mantenimiento. La primera etapa para implementar un plan de mantenimiento preventivo consiste en reunir el personal necesario que se encargará de iniciar y llevar a cabo el proyecto. Para ello se necesita, que las personas seleccionadas tengan experiencia en el puesto. Ramos, (2017)

Para el segundo paso, según Torrell et.al. (2010), en este paso se presentan los planes de mantenimiento que se ejecutaran posteriormente, basándose en las condiciones de los equipos. Para ello una herramienta de ayuda es realizar el inventario del equipo que participa de las operaciones de la empresa (infraestructuras, máquinas, piezas, equipo), asimismo, se necesita que los colaboradores de cada área de la empresa ayuden en la implementación. Para listar las actividades a realizar, se presenta cómo se aplicará el mantenimiento, así como las actividades específicas del mantenimiento que incluyen la inspección y reparación. Se deben indicar las características del equipo como: número de identificación, técnicos que se necesitan para la reparación, piezas dañadas. Por último, se desarrolla el control del mantenimiento. En este punto se verifica la eficiencia del plan de mantenimiento, evaluando la maquinaria que estuvo sujeta al mismo, pero sin descuidar el aspecto cualitativo que incluye, cumplir con el cronograma establecido para el trabajo. Es necesario que se controle el proceso de ejecución para detectar cualquier desviación con respecto al plan inicial.

Otro punto importante, según Torrel et. al (2010), es comprobar el trabajo de mantenimiento, es decir las horas hombre empleadas y las programadas, así como las desviaciones de calendario para no cometer los mismos errores en posteriores planes. El mantenimiento cuenta con varios indicadores, dentro de los que se encuentran: la eficiencia de mantenimiento, el índice de equipos y la disponibilidad.

La eficiencia del mantenimiento preventivo se refiere a la capacidad que tienen los operarios para desarrollar las tareas de mantenimiento que han sido planificadas. Es decir, trata de evaluar si las órdenes de trabajo se están ejecutando detalladamente, de acuerdo al cronograma del plan de mantenimiento establecido. Roncal, (2017)

Para ello, se necesitan conocer dos cosas fundamentales: las horas hombre reales, que se refiere al tiempo que se demora un operario en desarrollar una actividad específica de mantenimiento y las horas hombre teóricas, que es el tiempo que se ha establecido que debe durar la ejecución de esa actividad (EOT), mostrada en (1).

$$EOT = 1 - \frac{\text{Horas hombre reales} - \text{Horas hom. teóricas}}{\text{Horas hombre teóricas}} \dots \dots (1)$$

El índice de equipo (TEM), es un indicador que se basa en la necesidad de conocer el número de equipos o sistemas a los que se les aplica un plan de mantenimiento preventivo, dando como resultado el porcentaje de equipos que será cubierto con la implementación del plan de mantenimiento. Vega, (2017), en (2) se muestra el cálculo de su valor

$$TEBCM = \frac{\text{Total de estaciones de bombeo con mantenimiento preventivo}}{\text{Total de estaciones de bombeo (dps)}} \times 100\% \dots (2)$$

Dónde: TEBCM = Total de estaciones de bombeo que cuentan con mantenimiento

Por otro lado, se encuentra la disponibilidad, que también es considerada como un indicador del mantenimiento preventivo. Existen diversas definiciones de la disponibilidad. Para Arques (2009), ésta dimensión es la probabilidad que una maquinaria desarrolle las tareas necesarias en un momento determinado de tiempo, siempre que se encuentre en un buen estado.

Para González (2010) es la “Probabilidad que posee un equipo o sistema de estar funcionando o preparado para hacerlo en el instante que se requiera” La disponibilidad se puede definir como la seguridad de que un sistema o elemento al que se le aplicó mantenimiento, realice sus funciones de manera favorable en un momento determinado. Asimismo, la disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento. (Mesa et.al. 2006) coincide la definición con Serna y Darwin (2018)

Por su parte Rodríguez (2008) indica que la disponibilidad es un indicador del mantenimiento y su parámetro principal. Este autor tiene una visión más completa de la

disponibilidad, definiéndola como la probabilidad de que un sistema esté listo para desarrollar sus funciones en la producción, o que no lo esté por problemas de averías o fallas.

La fórmula establecida para la disponibilidad se detalla como (3):

$$D = \frac{T_0}{T_0 + T_P} \dots \dots (3)$$

Dónde: D = Disponibilidad

T_0 = Tiempo total de operación

T_P = Tiempo total de parada

La fórmula anterior es la definición matemática de la disponibilidad, pero la forma más práctica de definirla es tomando como referencia el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación. (Rodriguez, 2008), se muestra en (4)

$$D = \frac{TMF}{TMF + TMR} \dots \dots (4)$$

Dónde: TMF es el Tiempo medio entre fallas y TMR corresponde al Tiempo medio de reparación

Existen diversos tipos de disponibilidad, cada una de ellas, se ajusta de acuerdo a las necesidades y las expectativas de la empresa, y va de la mano con los elementos que se necesitan verificar. Las disponibilidades son distintas y brindan diferentes servicios.

Para Mora (2009), se pueden identificar cinco tipos de disponibilidades: genérica. Inherente, alcanzada, operacional y operacional generalizada. En la investigación se tuvo en cuenta la disponibilidad operacional, que se aplica en caso de que el objetivo sea inspeccionar el tiempo de demora del personal administrativo o de recursos físicos. Se toma en cuenta, en conjunto, las actividades planificadas y no planificadas de mantenimiento. Es uno de los métodos más preciso para la predicción. Como se analizó en la ecuación 4, la disponibilidad cuenta con dos indicadores importantes: el tiempo medio entre fallas, y el

tiempo medio de reparación, ambos dan origen a las dimensiones de la disponibilidad: mantenibilidad y fiabilidad.

La mantenibilidad se refiere a la perspectiva que se posee que un equipo o sistema logre estar operativo en un tiempo dado, siempre que el trabajo de mantenimiento haya sido realizado en función del plan establecido. Mesa et.al, (2006)

Para Gónzales (2005) la mantenibilidad es la probabilidad de que la maquinaria usada, luego de sufrir un desperfecto sea reparada y puesta en marcha en un período de tiempo. La mantenibilidad es una característica propia de un componente, que permite que esta sea recuperada para desarrollar sus funciones diarias, luego de ejecutar la tarea de mantenimiento según sea el caso. Davila y Gabriel (2017). Asimismo Según Muñoz (2010) intervienen en la ejecución de estas acciones de mantenimiento tres factores:

- Factores personales: Se refiere a las capacidades que posee el encargado de mantenimiento para realizar correctamente sus funciones.
- Factores condicionales: Se refiere a la manera en como influye el entorno donde la máquina opera y las consecuencias que produce un desperfecto sobre las condiciones de la misma
- El entorno: Incluye los factores ambientales que pueden afectar la tarea de mantenimiento realizada.

Rodríguez (2008) menciona, que la mantenibilidad es la probabilidad de que la maquinaria que tiene una avería pueda ser reparada y puesta en operación utilizando las técnicas necesarias. Por eso, el tiempo medio de reparación (TMR) es la medida ideal para la mantenibilidad.

$$TMR = \frac{TMF}{NT\ falla}$$

Dónde: TMR = Tiempo medio de reparación

TMF = Tiempo de paro o de reparación por fallas.

NT fallas = Número total de fallas.

De acuerdo a Mesa et.al (2006) el TMR depende de:

- El acceso que se tenga al equipo en el momento del mantenimiento.
- De la capacidad técnica de las personas que realizan la ejecución del plan.
- Las características propias de la empresa , así como del cumplimiento del plan que ha elaborado.

La otra dimensión se conoce como fiabilidad. Siguiendo a Gonzáles (2005), ésta es definida como la probabilidad de que un sistema o equipo ejecute sus funciones en un tiempo dado con normalidad, es decir, que no presente averías. Una definición parecida es la que brinda Muñoz (2010), quien indica que la fiabilidad es la probabilidad que existe de que un equipo pueda funcionar en óptimas condiciones durante un período establecido. Dichas condiciones pueden ser propias del equipo, como ser parte del ambiente.

La fiabilidad, depende del tiempo medio entre fallas, cuya fórmula son las siguientes:

$$TMF = \frac{HOP}{NT \text{ fallas}}$$

$$TMF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{NT \text{ fallas}}$$

Dónde: TMF = Tiempo medio entre fallas

HOP = Horas totales de operación

NT fallas = Número total de fallas detectadas

Además de las teorías planteadas en la investigación, se establece un marco referencial que involucra el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo, debido a que el proceso de implementación del mantenimiento preventivo en sistemas de electricidad es considerado de alto riesgo. El establecimiento e implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo -SGSST, tiene por finalidad mejorar las condiciones y factores que pueden afectar el bienestar de todas las personas que se encuentren

dentro de las instalaciones de una empresa, a través de la inserción de medidas de prevención y protección que permitan salvaguardar la ocurrencia de accidentes laborales y enfermedades ocupacionales. (SUNAFIL, 2019)

Este sistema de gestión de riesgos es obligatorio para los empleadores de todos los sectores y actividades económicas, incluyendo las empresas de servicios. Habiendo expuesto las teorías relacionadas, se formularon los problemas a través de una pregunta general y cinco preguntas específicas. La general consistió en averiguar: ¿En cuánto mejora la disponibilidad del sistema eléctrico de las estaciones de bombeo mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo?, mientras que las específicas que ayudaron a responderla fueron: ¿Cuál es el estado actual de la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC? - Sullana, 2019? ¿Cuál es el aumento del TMR en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC Sullana, 2019, ¿Cuál es la disminución el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC Sullana, 2019, ¿En cuánto aumenta la disponibilidad de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC? Sullana, 2019?, ¿Cuál es el resultado de la evaluación económica de la aplicación del mantenimiento preventivo?

La investigación se justifica desde los puntos de vista económico y técnico. Desde el punto de vista económico se justifica ya que, como consecuencia en la disminución de fallas, incremento del número de equipos listos para funcionar, uso eficiente de los recursos y ayuda a aumentar la vida útil de la maquinaria, permite disminuir en gastos ocasionados por el arreglo de fallas. La investigación se justifica desde el punto de vista técnico, según lo propuesto por Isaac y Santillán (2017) quienes sustentan en su investigación que las industrias que hacen uso intensivo del capital en especial las que pertenecen a sectores como la minera o agroindustrial, deben tener una adecuada planificación de actividades de mantenimiento ya que esta puede marcar la diferencia entre permanecer o desaparecer del mercado, por ello considera de vital importancia el mantenimiento preventivo en equipos y maquinarias, pues esto proporciona más durabilidad y evita fallas.

El aporte del proyecto se basa en la elaboración y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para las 12 estaciones de bombeo (DPS), que permita mejorar la mantenibilidad y fiabilidad del sistema eléctrico de riego tecnificado por goteo para el cultivo de caña de azúcar.

La hipótesis general de esta investigación consistió en afirmar que: el mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019. La disponibilidad actual en las estaciones de bombeo no es la estimada por la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019; El TMF de las estaciones de bombeo aumenta significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, el TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, El mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019. El resultado de la evaluación económica de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo es positivo. Después de haber descrito la problemática, la investigación tuvo como principal objetivo: aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019.

Mientras que los objetivos específicos consistieron en: Calcular la disponibilidad actual en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, determinar en cuánto aumenta el TMF de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, determinar en cuánto disminuye el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, Determinar en cuánto aumenta la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, Realizar la evaluación económica del plan de mantenimiento preventivo.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y Diseño de la investigación

Según Hernández y otros (2014) la investigación aplicada es aquella que tiene propósitos prácticos e inmediatos bien definidos, que permitan transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector. La investigación desarrollada pertenece a esta categoría porque se respalda en el conocimiento existente sobre productividad y mantenimiento preventivo. También según Hernández y otros (2014), los estudios explicativos no se basan solo en describir o en determinar las relaciones entre conceptos o fenómenos, sino también están orientados a establecer las razones que dan lugar a eventos que ocurren en el ambiente físico y social. La investigación desarrollada pertenece a este tipo porque se estableció que mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo permitirá obtener una mayor disponibilidad del sistema eléctrico y evitar paradas no programadas en las estaciones de bombeo de la empresa.

Se denomina diseño de investigación al plan y a la estructura de un estudio. Es el plan y estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas de un estudio (Kerlinger 2002 citado por Moreno 2013). El diseño de la investigación desarrollada corresponde al tipo de diseño experimental en la categoría de pre experimental cuyo esquema se plantea de la siguiente manera: G O 1 X O 2. Dónde G, representa las 12 estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC, O1 y O2 representan los valores de disponibilidad antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y X representa la aplicación del plan de mantenimiento.

2.2. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se describe en la Tabla 1

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Mantenimiento Preventivo (X)	Es el conjunto de intervenciones realizadas de manera constante en una máquina o instalación, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas. (OLIVES, 2010)	Eficiencia de ordenes de trabajo	$E = 1 - \frac{\text{Horas hombre reales} - \text{Horas hom. teóricas}}{\text{Horas hombre teóricas}}$	Eficiencia de las ordenes de trabajo (E)	Razón
		Equipos	$TEBM = \frac{\text{Total de DPS con mantenimiento.}}{\text{Total de estaciones de bombeo}} \times 100\%$ TEBM: Total de estaciones de bombeo que cuentan con mantenimiento preventivo	Índice de equipos	Razón
Disponibilidad (Y)	Es la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. (Mesa et.al. 2006)	Fiabilidad	$TMF = \frac{\text{Horas totales de operación del sist. eléctrico}}{\text{Número total de fallas}}$ TMF: Tiempo medio entre fallas	Tiempo medio entre fallas (TMF)	Razón
		Mantenibilidad	$TMR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número Total de fallas}}$ TMR: Tiempo medio de reparación	Tiempo medio de reparación (TMR)	Razón

Fuente: Elaborado por el autor.

2.3. Población, Muestra y muestreo

La palabra población se utiliza para describir todas las posibles observaciones de una determinada variable o todas las unidades sobre las que podría haberse realizado una observación (Jiménez, SF). La población utilizada en la investigación realizada estuvo conformada por las 12 estaciones de bombeo que posee la empresa Agroaurora S.A.C Sullana (DPS 01 – DPS 03 ,04 ,05, DPS 07, DPS 09, DPS 10,11,12, DPS 14,15,16).

Para Hernández y otros (2014), “la muestra se refiere a un subgrupo de la población, es decir, es la parte de población que será estudiada, la cual permitirá obtener los datos que se necesitan para el cumplimiento de los objetivos del estudio. En este caso no habrá muestreo por tratarse de una población pequeña. Por lo tanto, tampoco se realizará muestreo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para la presente investigación se usaron dos técnicas: la observación y el análisis documental. La observación, según Campos y Lule (2012) es la forma más sistematizada y lógica para el registro visual de lo que se pretende evaluar, como instrumento tenemos el check list del mantenimiento (Anexo N° 2;1E) la técnica de análisis documental que, según Díaz y Ernesto (2014), nos explica que el análisis documental es un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual extraemos unas nociones del documento para representarlo y facilitar el acceso a los originales. Analizar, por tanto, es derivar de un documento el conjunto de palabras y símbolos que le sirvan de representación. Por ello, esta investigación nos basaremos en los cuadernos de ocurrencias de cada estación de bombeo, para obtener información sistemática y ordenada del objeto en análisis. Como instrumentos un formato de registro de ocurrencias (Anexo N° 2;1A), la ficha para el cálculo del tiempo medio entre falla la ,ficha para el calculo del tiempo de reparación y ficha de cálculo de la disponibilidad.

El check list del mantenimiento preventivo (Anexo N° 2;1E), permitió obtener la eficiencia de las órdenes de trabajo, pues se describen las actividades del mantenimiento preventivo y el tiempo utilizado para realizar cada actividad. Con estos datos se obtuvo el número de horas reales empleado en cada actividad a inspeccionar. Para medir tiempo medio entre falla se empleó la ficha de cálculo de tiempo medio entre fallas, donde se recopiló la información sobre horas de operación y el número de fallas de las estaciones

de bombeo, valores que sirvieron para calcular el tiempo medio entre falla. (Anexo N 2;1B).

Para obtener el tiempo medio de operación se utilizó la ficha de cálculo del tiempo medio de reparación, es donde se registraba la información sobre el tiempo total de las fallas y el número de las fallas de las estaciones de bombeo, permitieron realizar el cálculo del tiempo medio de reparación. (Anexo N° 2;1C)

Finalmente, para el cálculo de la disponibilidad se empleó la ficha de cálculo de disponibilidad, donde se registraron los datos del tiempo medio entre falla y el tiempo medio de reparación de cada estación de bombeo (Anexo N° 2;1D).

La validez de los instrumentos se realizó mediante el juicio de expertos, quienes verificaron que los instrumentos detallados en el punto anterior sean los idóneos para la investigación. La calificación emitida por los expertos fue buena, describiendo a los instrumentos como claros, objetivos, consistentes y coherentes, entre otros criterios. No se determinó la fiabilidad del instrumento por tratarse de instrumentos que no miden constructos.

2.5. Procedimiento

Para calcular la disponibilidad actual en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana se solicitó el permiso respectivo al supervisor del área para hacer usos de los cuadernos de ocurrencias el 17 de junio del 2019. Para realizar la recolección de datos fue necesario realizar el recorrido a cada estación de bombeo y solicitar a cada operador de cada estación de bombeo su cuaderno de ocurrencias del presente año, los meses que se evaluaron fueron desde enero hasta mayo del presente año. La información recolectada fue almacenada en los instrumentos preparados para este fin. Se realizó el análisis de la normalidad de los datos con la prueba de normalidad Shapiro Wilk teniendo como responsables el autor de este trabajo. Se realizó el 26 y 27 de junio del 2019. Encontrándose que estos siguen un comportamiento normal. También se realizó el mantenimiento preventivo en las estaciones de bombeo de acuerdo con las actividades propuestas en el procedimiento mostrado en el Anexo 4, desde el 2 hasta 26 de julio del 2019. Después de realizar actividades de mantenimiento se procede a registrar las ocurrencias presentadas para su respectiva evaluación de la disponibilidad.

2.6. Métodos de análisis de datos

Para iniciar se hará un análisis documental obtenido de los cuaderno de ocurrencia de cada estación de bombeo en la cual cada operador registra cada evento presentado durante las horas de operación con la información obtenida de la recolección de datos, formato de cálculo de tiempo medio de falla, tiempo medio reparación y disponibilidad lo que permitirá cumplir con los tres primeros objetivo específicos, Calcular la disponibilidad actual en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, determinar en cuánto aumenta el TMF de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, determinar en cuánto disminuye el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019. Asimismo, la hoja de check list del mantenimiento preventivo, nos dieron una base de las actividades de mantenimiento a realizar para las inspecciones, permitiendo cumplir el cuarto objetivo específico de la investigación.

Se realizó la comparación de los valores de disponibilidad antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo en la Empresa. Los datos se tabularon en MS Excel y se realizó los cálculos de la estadística descriptiva en el paquete estadístico SPSS versión 21.

Del mismo modo, se realizó un análisis inferencial de la variable disponibilidad realizando en primer lugar la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para determinar si los datos siguen una distribución normal, luego se procedió a la contrastación de la hipótesis general y las específicas utilizando la T de Student para datos relacionados. Por último, se realizó un análisis costo beneficio, teniendo en cuenta los costos de materiales y la compra de equipos defectuosos.

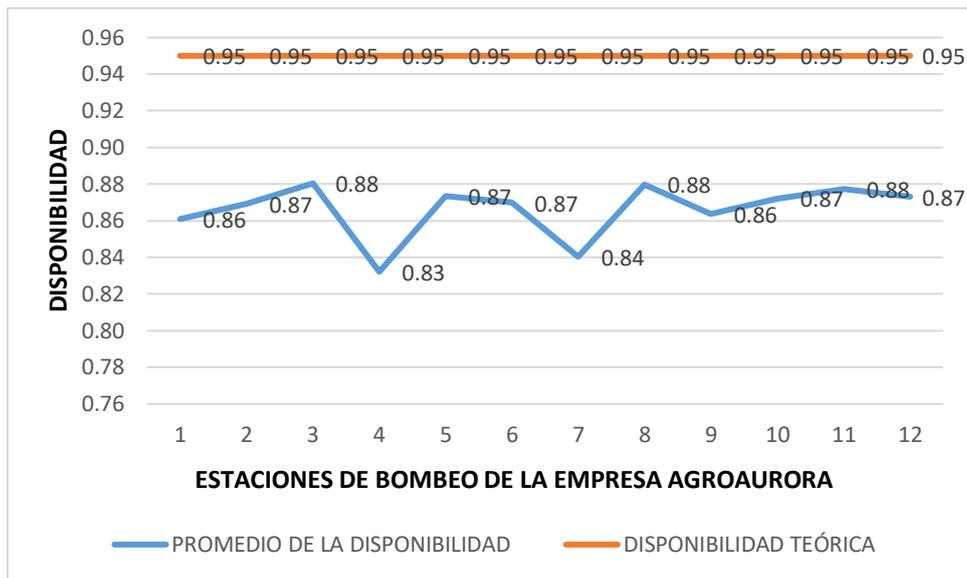
2.7. Aspectos éticos

Se dio el procedimiento de consentimiento informado a través del cual los representantes de la empresa concedieron la autorización para realizar la investigación dentro de sus instalaciones. Los datos obtenidos se trabajaron tal como se tomaron sin ser modificados o alterados por el investigador. Los datos proporcionados por la organización se utilizaron exclusivamente para los fines exclusivamente establecidos en el presente estudio, por lo tanto, se respetó la confidencialidad de la información recibida. Se respetó también la autoría de los autores de las teorías relacionadas, así como de las fuentes utilizadas en la redacción del marco teórico.

III. RESULTADOS

De los objetivos específicos: primero; Para calcular la disponibilidad actual en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019 se procedió a calcular en primer lugar el TMF y el TMR en el período de enero mayo del 2019. Estos valores se muestran en las Tablas 1 y 2 del Anexo 2. De la Tabla 3 del mismo Anexo se elabora la Figura 1.

Figura N° 1. Disponibilidad de las estaciones de bombeo en el período enero – mayo 2019.



Elaboración Propia

Se aprecia que la disponibilidad en este período está por debajo del 95% que es el valor esperado por la empresa.

Segundo: determinar en cuánto aumenta el TMF de las estaciones de bombeo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019. Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se utilizan los datos del Tiempo Medio entre Fallas (TMF) antes y después de la implementación como se aprecia en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. TMF antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento

Estación de bombeo	TMF	
	Antes	Después
DPS 01	59.10	149,80
DPS 03	68.73	167.63
DPS 04	64.06	149.80
DPS 05	41.68	160.50
DPS 07	57.22	167.63
DPS 09	70.21	156.93
DPS 10	51.59	178.33
DPS 11	89.21	196.17
DPS 12	81.91	178.33
DPS 14	68.99	185.47
DPS 15	66.94	197.17
DPS 16	53.71	178.33

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Tabla N°2 que todos los tiempos medios entre fallas para todas las estaciones de bombeo después de la implementación del plan de mantenimiento aumentan en un promedio de 14% al tiempo medio entre fallas antes de la implementación del plan de mantenimiento.

Para la contrastación de la hipótesis del investigador: El TMF de las estaciones de bombeo aumenta significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, se proponen las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: El TMF de las estaciones de bombeo NO aumenta significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, el TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019

H1: El TMF de las estaciones de bombeo aumenta significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, el TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019

Mediante la prueba de T de Student para datos relacionados utilizando el SPSS se obtienen los valores de la Tabla 3.

Tabla 3. Prueba de muestras relacionadas para el TMF

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	TMF - TMFDespués	-107.57	15.89	4.59	-117.67	-97.47	-23.45	11	.000

Fuente elaboración propia en base al programa SPSS

Se observa en la Tabla N° 3, que la significancia es menor a 0.05, por lo que existe un aumento significativo respecto al TMF después de aplicar el Plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador.

Tercero: determinar en cuánto disminuye el TMR de las estaciones de bombeo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019 después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se utilizan los datos del Tiempo Medio entre Reparación (TMR) antes y después de la implementación como se aprecia en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4. TMR antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento

Estación de bombeo	TMR	
	Antes	Después
DPS 01	9.10	7.19
DPS 03	10.72	6.94
DPS 04	8.66	7.78
DPS 05	8.39	7.66
DPS 07	8.43	7.02
DPS 09	10.60	7.74
DPS 10	9.89	8.68
DPS 11	12.39	10.14
DPS 12	12.90	4.86
DPS 14	10.02	8.99
DPS 15	9.72	8.94
DPS 16	7.68	6.53

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Tabla N°4 que todos los tiempos medios de reparación para todas las estaciones de bombeo después de la implementación del plan de mantenimiento disminuye en un promedio de 3% al tiempo medio de reparación antes de la implementación del plan de mantenimiento.

Para determinar en cuánto disminuye el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, se proponen las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: El TMR de las estaciones de bombeo NO disminuye significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, el TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019

H1: El TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente con la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019, el TMR de las estaciones de bombeo disminuye significativamente en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019

Mediante la prueba de T de Student para datos relacionados utilizando el SPSS se obtienen los valores de la Tabla 5.

Tabla N° 5. Prueba de muestras relacionadas para el TMR

	Diferencias relacionadas						T	Gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 TMR – TMR Después	175,250	245,758	,70944	,19103	331,397	2,470	11	,031	

Fuente elaboración propia en base al programa SPSS

Podemos observar en la Tabla N° 5, que la significancia es menor a 0.05, por lo que existe una disminución significativa respecto al TMR después de aplicar el Plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador.

Cuarto: determinar en cuánto aumenta la disponibilidad del sistema eléctrico de las estaciones de bombeo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019 después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se utilizan los datos de disponibilidad antes y después de la implementación como se aprecia en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6. Disponibilidad antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento

Tablas comparativas de resumen de los datos obtenidos de la disponibilidad las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC.										
Estación de bombeo	disponibilidad antes					PROMEDIO DE LA DISPONIBILIDAD	disponibilidad después			PROMEDIO DE LA DISPONIBILIDAD
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO		AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
dps 01	87.95%	87.87%	86.17%	84.81%	83.65%	86%	99.06%	95.68%	93.55%	96%
dps 03	84.81%	88.07%	87.95%	88.31%	85.44%	87%	94.66%	100.00%	91.60%	95%
dps 04	87.70%	88.31%	89.92%	87.35%	86.92%	88%	97.44%	95.01%	94.36%	96%
dps 05	84.47%	81.06%	83.69%	85.95%	80.91%	83%	95.57%	95.53%	94.65%	95%
dps 07	87.95%	83.92%	87.11%	87.70%	90.00%	87%	97.44%	95.68%	94.71%	96%
dps 09	87.11%	87.70%	85.15%	87.23%	87.74%	87%	97.57%	95.57%	92.71%	95%
dps 10	85.37%	85.15%	81.06%	82.95%	85.59%	84%	95.57%	95.57%	94.87%	95%
dps 11	87.23%	87.82%	87.82%	89.17%	87.85%	88%	96.40%	96.98%	93.18%	96%
dps 12	85.94%	87.11%	87.11%	86.87%	84.76%	86%	97.74%	100.00%	95.74%	98%
dps 14	87.23%	88.07%	86.99%	87.82%	86.00%	87%	95.68%	95.54%	94.61%	95%
dps 15	85.94%	88.31%	85.37%	86.99%	92.02%	88%	98.17%	95.01%	94.38%	96%
dps 16	87.95%	88.19%	87.95%	87.23%	85.22%	87%	96.51%	97.15%	95.43%	96%

Fuente: Elaboración propia a base de las tablas 2 y 4.

Se puede apreciar en la Tabla N°6 que todos los porcentajes de disponibilidad para todas las estaciones de bombeo después de la implementación del plan de mantenimiento aumentan en un promedio de 10% al porcentaje disponibilidad antes de la implementación del plan de mantenimiento

Quinto: Realizar la evaluación económica del plan de mantenimiento preventivo. En los gastos generados en el mantenimiento preventivo de las estaciones de bombeo solo se consideran los gastos de materiales consumibles, ya que los demás son gastos fijos de la empresa tales como mano de obra, movilidad, equipos, herramientas.

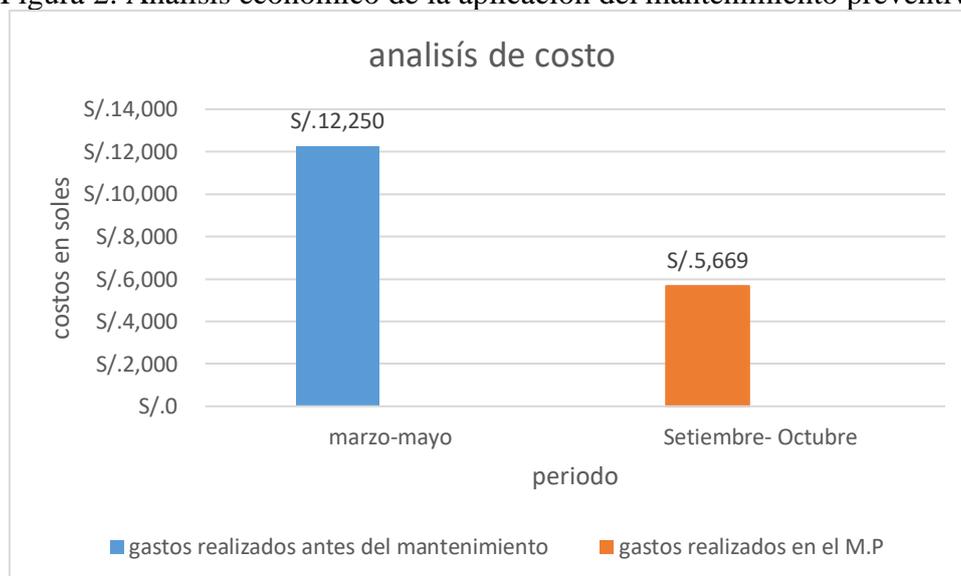
A continuación, se detalla la evaluación económica de la propuesta de mantenimiento preventivo.

Tabla 07: Costos de materiales consumibles para el mantenimiento preventivo

Costo de materiales consumibles para el mantenimiento preventivo de las estaciones de bombeo							
ítem	Descripción	und	cantidad x dps	precio unitario	cantidad total	gastos x dps	precio total
1	trapo industrial	Kg	3	S/5.98	36	S/17.94	S/215
2	solvente dieléctrico	gal	3	S/75.00	36	S/225.00	S/2,700
3	limpia contactos	Und	5	S/45.00	60	S/225.00	S/2,700
4	recogedor municipal pastico	Und	2	S/11.90	2	S/23.80	S/24
5	escoba –escobón	Und	2	S/14.90	2	S/29.80	S/30
					Total	S/521.54	S/5,669

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Análisis económico de la aplicación del mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°7, Se observa que la diferencia realizados de S/. 12,250 gastos realizados antes de la implementación y S/. 5,669 de gastos realizados en la implementación del mantenimiento preventivo, obteniendo un ahorro de S/. 5,768.25 quedando demostrado que los planes de mantenimiento preventivo son rentables para la empresa Agroaurora SAC.

En relación con el objetivo general se detalla más información en el anexo 5.

IV. DISCUSIÓN

Rivera (2013) desarrolló como objetivo principal de su investigación: elaborar un diagnóstico del programa de mantenimiento del sistema eléctrico de la ciudad de Zulia y presentar recomendaciones para mejoras del mismo de ser necesario. Como resultados indica que es necesario la actualización y aplicación del sistema de mantenimiento preventivo – predictivo, además de recomendar la aplicación de un sistema de auditoría para que controle y haga un seguimiento adecuado de la gestión de mantenimiento, ello permitirá mayores niveles de eficiencia y productividad en este sector. En la presente investigación realizada se calculó la disponibilidad antes del mantenimiento obteniendo un promedio de 83% siendo la esperada por la empresa en 95%. Al igual que Rivera (2013) se llega a la conclusión a la necesidad de realizar un mantenimiento preventivo.

Roncal (2017) en su investigación cuasi experimental, donde mediante la aplicación de un plan de mantenimiento de tipo preventivo en la empresa TRANSVIAL LIMA S.A.C. aumenta la disponibilidad de vehículos de esta. En la presente investigación se encontró que para aumentar la disponibilidad en un 10%, primero se debe de aumentar el TMF y disminuir el TMR que son los indicadores de disponibilidad de acuerdo a las teorías relacionadas de la presente investigación.

Vega (2017), en su investigación propone la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, sumando así al ya existente de tipo correctivo en la empresa Grúas América S.A.C. Los resultados indican que al aplicar este sistema de mantenimiento el porcentaje de disponer maquinarias aumenta en un 96%, esto representa un aumento del 8% con respecto a la disponibilidad de maquinaria que tenía la empresa con el programa de mantenimiento de tipo correctivo. En la presente investigación se calculó la disponibilidad antes del mantenimiento, obteniendo un promedio de un 83%. Al igual que Rivera se llega a la conclusión que es necesario realizar un plan de mantenimiento preventivo.

Ramos (2017), en la investigación cuyo objetivo consistió en proponer un plan de mantenimiento de tipo preventivo con el fin de que la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. disponga en gran parte de su equipo y maquinaria para su posterior uso en el sistema productivo, resalta que la disminución de costos operacionales de la empresa logra así no solo mayor uso de sus recursos sino mejorar los niveles de productividad, eficiencia y competitividad. En la presente investigación se encontró costos de S/. 12,250 antes de la

implementación del plan de mantenimiento preventivo y se realizó un costo de S/. 5,669 en la implementación del mantenimiento preventivo, obteniendo un ahorro de S/. 5,768.25 quedando demostrado que los planes de mantenimiento preventivo son rentables para la empresa Agroaurora SAC.

V. CONCLUSIONES

Se realizó el diagnóstico actual de las 12 estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC., los cuadernos de ocurrencias de cada DPS fueron el elemento principal para el análisis documental, para así poder realizar la recolección de datos. Se logró determinar que el tiempo medio entre falla se encontró entre 41.68 hasta 70.21, de la misma manera se determinó que el tiempo medio de reparación se encontró entre 7.68 hasta 12.90, y finalmente obtuvimos el cálculo de la disponibilidad antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y se obtuvo 83.22% hasta 88.04%.

Después de realizar el mantenimiento preventivo el tiempo medio de falla aumenta en un promedio de 70.21 a 196.17, aumentando en un promedio el 14% siendo los resultados favorables,

De la misma manera se determinó que el tiempo medio de reparación disminuye en un promedio de 12.90 a 10.14, disminuyendo en un promedio el 3% siendo valores favorables.

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se logró aumentar la disponibilidad de las estaciones de bombeo en un promedio de 10%, es decir, en promedio de 83.33 % a 95.00 %.

Se logró reducir los gastos realizados de S/. 12,250 antes de la implementación, a S/. 5,669 en la aplicación del mantenimiento preventivo obteniendo un ahorro de S/. 5,768.25 quedando demostrado que el plan de mantenimiento preventivo es favorable para la empresa Agroaurora SAC.

Como conclusión general que la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo es viable y factible mejorando la disponibilidad del sistema eléctrico para la empresa Agroaurora S.A.C.

VI. RECOMENDACIONES

Con relación al primer objetivo específico se debería hacer uso de la tecnología, como instalación de computadoras y un software para poder obtener la información de las ocurrencias que se presentan a diario en las estaciones de bombeo y afectan la disponibilidad del sistema eléctrico de la empresa Agroaurora.

En relación con el segundo objetivo se debería implementar un programa de alertas para cuando los valores del tiempo medio de falla no sean favorables para la empresa.

En relación con el tercer objetivo se debería implementar un programa de alertas para cuando los valores de tiempo medio de reparación no sean favorables para la empresa.

En relación con el objetivo cuatro se debe cumplir con el mantenimiento preventivo con una frecuencia de 4 meses para mantener una disponibilidad promedio del 95%, y así cumplir con las horas de riego programadas

En relación al objetivo cinco se debe buscar proveedores que brinden materiales de calidad y bajo costo, de tal manera que los gastos de mantenimiento sean cada vez más rentables.

Como recomendación general los planes de mantenimiento preventivo siempre están acorde a la mejora continua con la finalidad de ser mejorados para el bienestar de la empresa.

REFERENCIAS

ARQUES, José. Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario. Madrid : s.n., 2009. ISBN: 9788479789169.

BONILLA, Santiago. “Estudio del mantenimiento de las Estaciones de Bombeo en Emapa para incrementar la disponibilidad de las maquinarias.”. Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador : s.n., 2011.

CAMPOS, Guillermo y LULE, Nallely. La observación, un método para el estudio de la realidad. Monterrey : Revista Xihmai. Universidad La Salle Pachuca, 2012.

CARRANZA Solis, C.D.P. y ROSALES Lozano, Y.A. “Aplicación del mantenimiento preventivo, para mejorar la disponibilidad de flota de montacargas en la empresa Grúas Luguensi S.A.C - Chimbote, 2018”. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 3 diciembre 2019]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/563264>.

COFRICO. Cofrico. [En línea] 22 de agosto de 2018. [Citado el: 9 de junio de 2019.] <https://www.cofrico.com/eficiencia-energetica/mantenimiento-predictivo-basado-en-la-condicion-cbm/>.

CHIOTTI, L. y EDWIN, R. Aplicación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la productividad de la maquinaria pesada portuaria en la empresa APM Terminal, Callao 2017. 2018. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 4 diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/23263>.

DAVILA, C. y GABRIEL, C. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora Cat 336 de la Empresa Ecosem Smelter S.A. 2017. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], [Consulta: 4 diciembre 2019]. Disponible en: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/717133>.

DIAZ, Laura, y otros. La entrevista, Recurso flexible y dinámico. México : Elsevier. Investigación en Educación Médica , 2013.

DÍAZ, B. y ERNESTO, C. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. 2014. [en línea]. Working Paper. S.l.: Universidad Autónoma del Caribe. [Consulta: 3 diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/813>.

DONIZ, Aron. “Implementación de Mantenimiento preventivo/predictivo en equipo biomédico en el instituto Mexicano del seguro social” . Mexico : s.n., 2011.

FERNÁNDEZ, R. y LUIS, J. Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo del sistema de filtrado de la Empresa Talsa (Fundo UPAO) para incrementar

su productividad y reducir costos de operación. 2019. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 28 abril 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30301>.

FLORES, Carol, y otros. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. Chimbote : Universidad César Vallejo, Universidad Nacional del Santa, 2016.

GARCIA, César. “Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de stc metro de la ciudad de México”. Distrito Federal de México : Instituto Politécnico Nacional, 2015.

GONZALES, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid : Fundación Confemetal 2º edición, 2005.

HERAS, T. y PITER, P. Formulación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la flota de emperadores de la Unidad Atacocha. 2019. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], [Consulta: 4 diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5340>.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. , 2014.

INTEGRAMARKETS. Gestion y Planificación del mantenimiento industrial. s.l. : Escuela de Gestión Empresarial, 2018. 2 edición.

LINDLEY. Maintenance engineering handbook. Estados Unidos : s.n., 2001.

MESA, Dario, ORTIZ, Yesid y PINZON, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira Scientia et Technica año XII, 2006.

MINEM. Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo con electricidad . Lima : Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad , 2013.

MORA, Alberto. Mnatenimiento: Planeación, ejecución y control. México : Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. Primera Edición, 2009.

MUÑOZ, Belén. Mantenimiento Industrial. Madrid : Universidad Carlos III de Madrid. Área de ingeniería Mecánica, 2010.

OLIVERA, H. Implementación de un plan de mantemiento preventivo para el mejor funcionamiento de las lines de extrusión de la empresa T & T ingienería y construcción . Lima : Universidad Nacional Tecnologica de Lima Sur, 2017.

OLIVES, Ramón. Mantenimiento preventivo . Barcelona : Departamento de Empresa y Empleo, 2010.

RAMOS, Julio. Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta metal drill S.A.C. Trujillo, Perú : Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2017.

REY, Sacristan Francisco. Manual del Mantenimiento Integral en la Empresa. Madrid : Fundación Confemetal, 2001.

RIVERA, Ridelis. Evaluación de la Gestión de Mantenimiento en el Sector Eléctrico del Estado Zulia. Universidad Del Zulia. Maracaibo - Venezuela : s.n., 2013.

RODRIGUEZ, Jorge. Gestión del mantenimiento: Introducción a la teoría del mantenimiento. 2008.

RONCAL, Jhoseph. Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las unidades de transporte de la Empresa Transvial Lima S. A. C. 2017 . Lima : Universidad César Vallejo, 2017.

SAMANIEGO, Carla. "Implementación de un Sistema de Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la empresa Chova del Ecuador S.A. Plantas Inga y Cashapamba" . Escuela Politécnica del Ejército . Sangolquí - Ecuador : s.n., 2013.

SENATI. Gestión de Mantenimiento. Piura : Administración de empresas , 2009.

SERNA, G. y DARWIN, M. Propuesta De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Disponibilidad Mecánica Del Cargador Frontal Caterpillar 966h En Una Empresa De Servicios, Callao, 2018. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 4 diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30518>.

SILVA, Andrés. Diseño de un Plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea Quantum de la Empresa Papeles Nacionales S.A. pereira : Universidad Tecnológica De Pereira. Facultad De Ingeniería Mecánica, 2015.

SUNAFIL. Seguridad y Salud en el trabajo: SUNAFIL. Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral . [En línea] 2019. [Citado el: 8 de julio de 2019.] <https://www.sunafil.gob.pe/seguridad-y-salud-en-el-trabajo.html#i-marco-legal-9>.

TOLENTINO, P. y ANTONIO, L. Aplicación del Mantenimiento Preventivo para Disminuir los Costos de Mantenimiento de la Empresa Pesquera Icef S.A.C – Chimbote 2018. Universidad César Vallejo [en línea], [Consulta: 3 diciembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30121>.

TORRELL, Francesca y CUATRECASAS, Lluís. TPM en un entorno Lean Management: Estrategia Competitiva. Barcelona, España : PROFIT EDITORIAL, 2010.

TUESTA, Miguel. Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Callao : Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería mecánica , 2014.

UPRL. Riesgos en el mantenimiento periódico. México : Universidad Politécnica de la Región Laguna, s.f.

VALBOR. Ventajas y Desventajas del mantenimiento Preventivo. VALBOR SOLUCIONES. [En línea] 9 de diciembre de 2018. [Citado el: 9 de junio de 2019.] <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-preventivo/>.

VEGA, Alberto. Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la Maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C Santa Anita, 2017. Lima, Perú : Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, 2017.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Población y Muestra	Diseño	Técnicas e Instrumentos
Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora SAC-Sullana 2019*	<p><u>Pregunta General</u></p> <p>¿En cuánto mejora la disponibilidad del sistema eléctrico de las estaciones de bombeo mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>La aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>El mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo en la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019</p>	<p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Disponibilidad del sistema eléctrico</p> <p><u>Indicadores</u></p> <p>- Tiempo medio entre fallas - Tiempo medio de reparación</p>	<p><u>Población</u></p> <p>En este caso la población está conformada por las 12 estaciones de bombeo de empresa Agroaurora SAC. que son empleadas para el riego tecnificado tipo goteo.</p>	Investigación aplicada, explicativa y cuasi-experimental	<p>La observación</p> <p>El análisis documental de la empresa Agroaurora SAC.</p>
	<p><u>Preguntas Específicas</u></p> <p>¿Cuál es el estado actual de la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC? - Sullana, 2019?</p> <p>¿Cuál es el aumento del TMF en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019?</p> <p>¿Cuál es la disminución el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019?</p> <p>¿En cuánto aumenta la disponibilidad de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC? Sullana, 2019?</p> <p>¿Cuál es el resultado de la evaluación económica de la aplicación del mantenimiento preventivo?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Calcular la disponibilidad actual en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019</p> <p>Determinar en cuánto aumenta el TMF de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019,</p> <p>Determinar en cuánto disminuye el TMR de las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019.</p> <p>Determinar en cuánto aumenta la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019</p> <p>Realizar la evaluación económica del plan de mantenimiento preventivo.</p>	<p><u>Hipótesis Específicos</u></p> <p>El estado actual de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema eléctrico de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana es deficiente</p> <p>El mantenimiento preventivo mejora la fiabilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019.</p> <p>El mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019.</p> <p>El mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora S.A.C Sullana, 2019.</p>	<p><u>Variable independiente</u></p> <p>Mantenimiento Preventivo</p> <p><u>Indicadores</u></p> <p>- Eficiencia de trabajo - Índice de equipos</p>	<p><u>Muestra</u></p> <p>La muestra será igual que la población: las 12 estaciones de bombeo de la empresa Agroaurora SAC.</p>		<p>Los instrumentos usados son:</p> <p>- Check List del mantenimiento preventivo</p> <p>- Ficha de Registro de Datos.</p> <p>-formato de cálculo de tiempo medio entre falla.</p> <p>-formato de cálculo de tiempo medio de reparación.</p> <p>-formato de cálculo de disponibilidad.</p>

Anexo N° 2. Instrumentos de recolección de datos

1A - Formato – Reporte diario de fallas

				REPORTE DIARIO DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS) DE LA EMPRESA AGROAURORA SAC.					
RESPONSABLE: Jimmy santos chero								Mes: enero	
ITES	DPS	FECHA	TURNO	DESCRIPCIÓN DE OCURRENCIAS	CÓ- DIGO	ÁREA	hora de falla	hora de repara- ción de falla	total, de horas de falla
1	dps 05	2/01/2019	día	voltaje alto	P100	rec.hidri- cos	13:00:00	13:20:00	00:20:00
2	dps 14	10/01/2019	noche	voltaje alto	P100	rec.hidri- cos	21:00:00	21:30:00	00:30:00
3	dps 09	14/01/2019	día	voltaje bajo	P101	rec.hidri- cos	18:00:00	18:23:00	00:23:00
4	dps 09	18/01/2010	noche	voltaje bajo	P101	rec.hidri- cos	21:00:00	21:45:00	00:45:00
5	dps 16	20/01/2019	día	voltaje bajo	P101	rec.hidri- cos	16:00:00	16:30:00	00:30:00
6	dps 12	6/01/2019	día	interruptor general brequeado	P102	rec.hidri- cos	22:00:00	08:00:00	10:00:00
7	dps 16	1/01/2019	día	fusible NH quemado del motor 04	P103	rec.hidri- cos	03:30:00	08:00:00	04:30:00
8	dps 09	6/01/2019	noche	satec no enciende	P105	rec.hidri- cos	17:00:00	07:45:00	14:45:00
9	dps 10	16/01/2019	día	satec no enciende	P105	rec.hidri- cos	12:00:00	15:00:00	03:00:00
10	dps 15	2/01/2019	noche	lámparas de señalización de motor 01 maloga- rado	P106	rec.hidri- cos	21:00:00	21:55:00	00:55:00
11	dps 16	2/01/2019	noche	lámparas de señalización de motor 03 malogrado	P106	rec.hidri- cos	21:00:00	21:55:00	00:55:00
12	dps 14	2/01/2019	noche	lámparas de señalización de motor 01 malogrado	P106	rec.hidri- cos	21:00:00	21:55:00	00:55:00

1B - Formato de cálculo del TMF

		FORMATO DE CÁLCULO DEL TIEMPO MEDIO DE FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)	
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO		mes: enero	
Estación de bombeo	Horas totales de operación	Número total de fallas	$TMF = \frac{\text{Horas totales de operación}}{\text{Número total de fallas}}$
dps 01	642.00	6.00	107.00
dps 03	642.00	5.00	128.40
dps 04	642.00	6.00	107.00
dps 05	642.00	12.00	53.50
dps 07	642.00	9.00	71.33
dps 09	642.00	7.00	91.71
dps 10	642.00	10.00	64.20
dps 11	642.00	4.00	160.50
dps 12	642.00	4.00	160.50
dps 14	642.00	6.00	107.00
dps 15	642.00	6.00	107.00
dps 16	642.00	8.00	80.25

1C - Formato de cálculo del TMR

		FORMATO DE CÁLCULO DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)	
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO		mes: enero	
Estación de bombeo	Tiempo total de fallas	Número total de fallas	$TMR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número total de fallas}}$
dps 01	88.00	6.00	14.67
dps 03	115.00	5.00	23.00
dps 04	90.00	6.00	15.00
dps 05	118.00	12.00	9.83
dps 07	88.00	9.00	9.78
dps 09	95.00	7.00	13.57
dps 10	110.00	10.00	11.00
dps 11	94.00	4.00	23.50
dps 12	105.00	4.00	26.25
dps 14	94.00	6.00	15.67
dps 15	105.00	6.00	17.50
dps 16	88.00	8.00	11.00

1D - Formato de cálculo de Disponibilidad

		FORMATO DE CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)		
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO				mes: enero
Estación de bombeo	$\text{TMF} = \frac{\text{Horas totales de operación}}{\text{Número total de fallas}}$	$\text{TMR} = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{Número total de fallas}}$	$\text{Disp.} = \frac{\text{Tiempo medio de falla}}{(\text{tiempo medio de falla} + \text{tiempo medio de reparación})}$	
dps 01	107.00	14.67	87.95%	
dps 03	128.40	23.00	84.81%	
dps 04	107.00	15.00	87.70%	
dps 05	53.50	9.83	84.47%	
dps 07	71.33	9.78	87.95%	
dps 09	91.71	13.57	87.11%	
dps 10	64.20	11.00	85.37%	
dps 11	160.50	23.50	87.23%	
dps 12	160.50	26.25	85.94%	
dps 14	107.00	15.67	87.23%	
dps 15	107.00	17.50	85.94%	
dps 16	80.25	11.00	87.95%	

1E – Hoja de check list del mantenimiento preventivo

 hojas de Check List del mantenimiento preventivo					
responsable de la tarea a ejecutar: <i>Navarro Bastieta</i>		dps: <i>12</i>		fecha: <i>12-07-19</i>	
ítem	Descripción de las actividades	realizado	hora inicio	hora final	Tiempo empleado
1	Realizar traslado del taller de mantenimiento al punto de trabajo	✓	7:15	7:25	10 min
2	Identificar las fases de los cables de alimentación.	✓	7:25	7:31	6 min
3	Medir voltajes, corrientes, temperaturas y resistencia de puesta a tierra	✓	7:31	7:41	10 min
4	Desenergizar los tablero de la estación de bombeo	✓	7:41	7:51	10 min
5	Realizar el respectivo aterramiento de la línea de alimentación	✓	7:51	8:05	14 min
6	Señalizar la zona de trabajo.	✓	8:05	8:15	10 min
7	Retirar las tapas laterales y superior de los tableros	✓	8:15	8:30	15 min
8	Realizar una inspección visual de las instalaciones	✓	8:30	8:40	10 min
9	Realizar pulverizado de aire a los tableros con compresor y una brocha, trapo industrial	✓	8:40	9:10	30 min
10	Abrir los arrancadores pre-star y pulverizar con aire comprimido, y solvente dieléctrico.	✓			
11	Retirar tapas de contactores de potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) desarmarlos y ver el estado de los platinos (contactos) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento, nunca lijar ni platinos ni núcleo, si los platinos están gastados es mejor cambiar el componente o los platinos.	✓	9:10	12:00	2:40 min
12	Si se presenta ventilación forzada verificar que los abanicos giren libremente y retirar los filtros de aire y pulverizar.	✓			
13	Realizar limpieza interior a las paredes de la caseta de los tablero (con ayuda de escobas y recogedores)	✓	13:00	13:30	30 min
14	Retirar trapos y desqueschos extraídos de la limpieza	✓	13:30	13:45	15 min
15	Realizar el pulverizado con solvente dieléctrico a todos los componentes eléctricos de los tableros.	✓	13:45	14:35	50 min

16	Verificar que los cables conductores de tierra estén bien asegurados, correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero.	✓	14:35	14:45	10 min
17	Observar que no existan daños visibles o piezas flojas, si existen piezas flojas reajustar adecuadamente.	✓	14:45	15:15	30 min
18	Realizar las pruebas de aislamiento y continuidad	✓	15:15	15:40	25 min
19	Volver a colocar tapas laterales y superiora los tableros	✓	15:40	15:50	10 min
20	Retirar el aterramiento de línea y energizar	✓	15:50	16:10	20 min
21	Realizar ajustes en el satec y establecer los rangos voltaje 525v, 460v	✓	16:10	16:25	15 min
22	Realizar sus respectividad pruebas de funcionamiento y amperaje	✓	16:25	16:40	15 min
23	Retirar señalización y orden de las herramientas y materiales.	✓			
24	Realizar conformidad del trabajo realizado al operador de la estación de bombeo	✓			
25	retorno al taller de mantenimiento	✓			
total de horas empleadas para realizar el mantenimiento preventivo					8: 00 horas

observaciones :

supervisor	técnico	recibido
Nombre: <u>Ronal Norono</u> <u>Bautista</u>	Nombre: <u>Jimmy Santos</u> <u>Urbano</u>	Nombre: <u>Julio Cruz</u> <u>Mauricio Nieves</u>
DNI: <u>47515063</u>	DNI: <u>46037944</u>	DNI: <u>44456179</u>
Firma: <u>[Firma]</u>	Firma: <u>[Firma]</u>	Firma: <u>[Firma]</u>

En las Tablas 1 y 2 se muestra el TMF y TMR del período enero a mayo del 2019

Tabla N° 1. TMF en el período enero – mayo 2019

Estación de bombeo	TMF					Promedio TMF
	ENERO	FE-BRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	
DPS 01	107.00	64.20	45.86	42.80	35.67	59.10
DPS 03	128.40	80.25	49.38	42.80	42.80	68.73
DPS 04	107.00	71.33	58.36	45.86	37.76	64.06
DPS 05	53.50	45.86	42.80	35.67	30.57	41.68
DPS 07	71.33	58.36	64.20	49.38	42.80	57.22
DPS 09	91.71	71.33	80.25	58.36	49.38	70.21
DPS 10	64.20	49.38	58.36	45.86	40.13	51.59
DPS 11	160.50	80.25	91.71	64.20	49.38	89.21
DPS 12	160.50	91.71	71.33	45.86	40.13	81.91
DPS 14	107.00	80.25	53.50	58.36	45.86	68.99
DPS 15	107.00	71.33	64.20	42.80	49.38	66.94
DPS 16	80.25	58.36	49.38	42.80	37.76	53.71

Fuente: Sistema informático Agroaurora

Tabla N° 2. TMR en el período enero – mayo 2019

Estación de bombeo	TMR					PROMEDIO DE LA TMR
	ENERO	FE-BRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	
dps 01	14.67	8.87	7.36	7.67	6.97	9.10
dps 03	23.00	10.88	6.77	5.67	7.30	10.72
dps 04	15.00	9.44	6.55	6.64	5.68	8.66
dps 05	9.83	10.71	8.34	5.83	7.21	8.39
dps 07	9.78	11.18	9.50	6.92	4.76	8.43
dps 09	13.57	10.00	14.00	8.55	6.90	10.60
dps 10	11.00	8.62	13.64	9.43	6.76	9.89
dps 11	23.50	11.13	12.71	7.80	6.83	12.39
dps 12	26.25	13.57	10.56	6.93	7.21	12.90
dps 14	15.67	10.88	8.00	8.09	7.47	10.02
dps 15	17.50	9.44	11.00	6.40	4.28	9.72
dps 16	11.00	7.82	6.77	6.27	6.55	7.68

Fuente: Sistema informático Agroaurora

Tabla N° 3. Disponibilidad en el período enero – mayo 2019

Estación de bombeo	Disponibilidad					Promedio de la Disponibilidad
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
DPS 01	87.95%	87.87%	86.17%	84.81%	83.65%	86.09%
DPS 03	84.81%	88.07%	87.95%	88.31%	85.44%	86.91%
DPS 04	87.70%	88.31%	89.92%	87.35%	86.92%	88.04%
DPS 05	84.47%	81.06%	83.69%	85.95%	80.91%	83.22%
DPS 07	87.95%	83.92%	87.11%	87.70%	90.00%	87.34%
DPS 09	87.11%	87.70%	85.15%	87.23%	87.74%	86.98%
DPS 10	85.37%	85.15%	81.06%	82.95%	85.59%	84.02%
DPS 11	87.23%	87.82%	87.82%	89.17%	87.85%	87.98%
DPS 12	85.94%	87.11%	87.11%	86.87%	84.76%	86.36%
DPS 14	87.23%	88.07%	86.99%	87.82%	86.00%	87.22%
DPS 15	85.94%	88.31%	85.37%	86.99%	92.02%	87.73%
DPS 16	87.95%	88.19%	87.95%	87.23%	85.22%	87.30%

Fuente: Elaborado en base a las Tablas 1 y 2

Después de haber realizado la aplicación del mantenimiento preventivo a las estaciones de bombeo se volvió a realizar los cálculos de TMF, TMR y DISPONIBILIDAD.

Tabla N° 7. TMF después del mantenimiento del mes agosto-octubre 2019

		FORMATO DE CÁLCULO DESPUES DEL M.T. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)					
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO							mes: agosto -octubre
Estación de bombeo	Horas totales de operación	mes de agosto		mes septiembre		mes octubre	
		Número total de fallas	TMF	Número total de fallas	TMF	Número total de fallas	TMF
dps 01	642.00	4.00	160.50	4.00	160.50	5.00	128.40
dps 03	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	5.00	128.40
dps 04	642.00	4.00	160.50	4.00	160.50	5.00	128.40
dps 05	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	6.00	107.00
dps 07	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	5.00	128.40
dps 09	642.00	5.00	128.40	3.00	214.00	5.00	128.40
dps 10	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	4.00	160.50
dps 11	642.00	3.00	214.00	3.00	214.00	4.00	160.50
dps 12	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	4.00	160.50
dps 14	642.00	3.00	214.00	3.00	214.00	5.00	128.40
dps 15	642.00	3.00	214.00	3.00	214.00	4.00	160.50
dps 16	642.00	4.00	160.50	3.00	214.00	4.00	160.50

Fuente: Sistema informático Agroaurora

Tabla N° 8. TMF después del mantenimiento del mes agosto -octubre 2019

		FORMATO DE CÁLCULO DESPUES DEL M.T. TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN DEL SITEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)								
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO									Mes: agosto –octubre	
Estación de bombeo	Horas totales de operación	mes agosto			mes septiembre			mes octubre		
		Tiempo total de fallas	nuero de fallas	TMR	Tiempo total de fallas	nuero de fallas	TMR	Tiempo total de fallas	nuero de fallas	TMR
dps 01	642.00	6.10	2.00	3.05	29.00	3.00	9.67	44.25	5.00	8.85
dps 03	642.00	36.25	4.00	9.06	0.00	3.00	0.00	58.85	5.00	11.77
dps 04	642.00	16.85	4.00	4.21	33.75	4.00	8.44	68.50	5.00	13.70
dps 05	642.00	29.75	4.00	7.44	38.25	3.00	12.75	44.00	5.00	8.80
dps 07	642.00	16.85	4.00	4.21	29.00	3.00	9.67	35.85	5.00	7.17
dps 09	642.00	16.00	5.00	3.20	29.75	3.00	9.92	50.50	5.00	10.10
dps 10	642.00	29.75	4.00	7.44	29.75	3.00	9.92	34.75	4.00	8.69
dps 11	642.00	24.00	2.00	12.00	20.00	3.00	6.67	47.00	4.00	11.75
dps 12	642.00	14.85	2.00	7.43	0.00	3.00	0.00	28.60	4.00	7.15
dps 14	642.00	29.00	3.00	9.67	30.00	3.00	10.00	36.58	5.00	7.32
dps 15	642.00	12.00	2.00	6.00	33.75	3.00	11.25	38.25	4.00	9.56
dps 16	642.00	23.25	2.00	11.63	18.85	3.00	6.28	30.75	4.00	7.69

Fuente: Sistema informático Agroaurora

Tabla N° 9. Disponibilidad después del mantenimiento del mes agosto-octubre 2019

		FORMATO DE CÁLCULO DESPUES DEL M.T. LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO (DPS)								
RESPONSABLE: JIMMY SANTOS CHERO							MES: AGOSTO –OCTUBRE			
Dps	Tiempo de operación	AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE		
		TMF	TMR	D	TMF	TMR	D	TMF	TMR	D
dps 01	642.00	321.00	3.05	99.06%	214.00	9.67	95.68%	128.40	8.85	93.55%
dps 03	642.00	160.50	9.06	94.66%	214.00	0.00	100.00%	128.40	11.77	91.60%
dps 04	642.00	160.50	4.21	97.44%	160.50	8.44	95.01%	128.40	13.70	90.36%
dps 05	642.00	160.50	7.44	95.57%	214.00	12.75	94.38%	107.00	8.80	92.40%
dps 07	642.00	160.50	4.21	97.44%	214.00	9.67	95.68%	128.40	7.17	94.71%
dps 09	642.00	128.40	3.20	97.57%	214.00	9.92	95.57%	128.40	10.10	92.71%
dps 10	642.00	160.50	7.44	95.57%	214.00	9.92	95.57%	160.50	8.69	94.87%
dps 11	642.00	321.00	12.00	96.40%	214.00	6.67	96.98%	160.50	11.75	93.18%
dps 12	642.00	321.00	7.43	97.74%	214.00	0.00	100.00%	160.50	7.15	95.74%
dps 14	642.00	214.00	9.67	95.68%	214.00	10.00	95.54%	128.40	7.32	94.61%
dps 15	642.00	321.00	6.00	98.17%	214.00	11.25	95.01%	160.50	9.56	94.38%
dps 16	642.00	321.00	11.63	96.51%	214.00	6.28	97.15%	160.50	7.69	95.43%

Fuente: Elaborado en base a las Tablas 7 y 8

Anexo 3. Validación de los instrumentos de recolección de datos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Gerardo Sosa Paula con DNI N° 03591940 Magister
 en DOCENCIA UNIVERSITARIA
 N° ANR: 67114, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL
 desempeñándome actualmente como DOCENTE
 en UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Check list mantenimiento preventivo, hojas de cálculos de tiempo medio entre falla, tiempo medio de reparación y disponibilidad

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

check list de mantenimiento preventivo	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Hojas de cálculo de TMF;TMR;D	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de Junio del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : Gerardo Sosa Panta
 DNI : 03591940
 Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL
 E-mail : gerardodolza@gmail.com






CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Oliver Cepi Astivia con DNI N° 02845346 Magister en Informática
 N° ANR:, de profesión Ingeniería Industrial
 desempeñándome actualmente como Doc. Prog. Formación para Adultos
 en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Check list mantenimiento preventivo, hojas de cálculos de tiempo medio entre falla, tiempo medio de reparación y disponibilidad

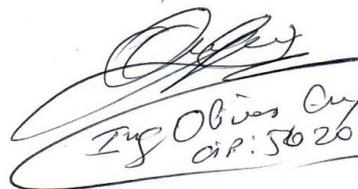
Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

check list de mantenimiento preventivo	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Actualidad			/		
4. Organización			/		
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad			/		
7. Consistencia			/		
8. Coherencia			/		
9. Metodología			/		

Hojas de cálculo de TMF;TMR;D	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad			✓		
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia			✓		
9. Metodología			✓		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de Junio del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : Ing. Oliver Ayperi Castañeda
 DNI : 02845346
 Especialidad : Ing. Industrial
 E-mail : oayper@hot.com


 Ing. Oliver Ayperi C.
 O.P.: 56206



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, MARIO SEMINARIO ATARAMA con DNI N° 02633043 Magister
 en INGENIERÍA DE SISTEMAS
 N° ANR:, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL
 desempeñándome actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO
 en LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - PIURA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Check list mantenimiento preventivo, hojas de cálculos de tiempo medio entre falla, tiempo medio de reparación y disponibilidad

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

check list de mantenimiento preventivo	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Hojas de cálculo de TMF;TMR;D	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de Junio del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : MARIO SEMINARIO ATARAMA
DNI : 02633043
Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL
E-mail : MSEMENARIO@UCV.EDU.PE

Anexo N° 4. Cálculos estadísticos

Los estadísticos descriptivos para el TMF y TMR antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para el TMF y TMR antes de la aplicación del mantenimiento preventivo

		Estadístico	Error típ.	
TMF	Media	64,5217	3,77076	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	56,2223	
		Límite superior	72,8211	
	Media recortada al 5%	64,4191		
	Mediana	65,9500		
	Varianza	170,624		
	Desv. típ.	13,06230		
	Mínimo	41,68		
	Máximo	89,21		
	Rango	47,53		
	Amplitud intercuartil	15,32		
	Asimetría	,234	,637	
	Curtosis	,202	1,232	
	Media	9,8750	,46015	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8,8622	
Límite superior		10,8878		
Media recortada al 5%	9,8289			
Mediana	9,8050			
Varianza	2,541			
TMR	Desv. típ.	1,59399		
	Mínimo	7,68		
	Máximo	12,90		
	Rango	5,22		
	Amplitud intercuartil	2,20		
	Asimetría	,685	,637	
	Curtosis	-,140	1,232	

Fuente: Elaborado por el autor mediante el software SPSS

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los datos antes de la aplicación del mantenimiento preventivo se detallan en la Tabla 2

Tabla 2. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TMF	,165	12	,200*	,976	12	,961
TMR	,131	12	,200*	,939	12	,488
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

Fuente: Elaborado por el autor mediante el software SPSS

En la Tabla N° 2 se aprecia que para la TMF y TMR el nivel de significancia es superior a 0,05 (0,961 y 0,488 respectivamente) por lo que se puede concluir que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para el TMF y TMR antes de la aplicación del mantenimiento preventivo

			Estadístico	Error típ.
TMR Después	Media		8,1225	,41777
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7,2030	
		Límite superior	9,0420	
	Media recortada al 5%		8,1917	
	Mediana		8,6050	
	Varianza		2,094	
	Desv. típ.		1,44719	
	Mínimo		4,86	
	Máximo		10,14	
	Rango		5,28	
	Amplitud intercuartil		1,92	
	Asimetría		-,900	,637
	Curtosis		1,031	1,232
	Media		172,0908	4,64917
TMF- Después	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	161,8581	
		Límite superior	182,3236	
	Media recortada al 5%		171,9915	
	Mediana		172,9800	
	Varianza		259,378	
	Desv. típ.		16,10521	
	Mínimo		149,80	
	Máximo		196,17	
	Rango		46,37	
	Amplitud intercuartil		25,86	
	Asimetría		,096	,637
	Curtosis		-1,048	1,232

Fuente: Elaborado por el autor mediante el software SPSS

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los datos después de la aplicación del mantenimiento preventivo se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Pruebas de normalidad para los datos después del mantenimiento preventivo.

	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TMR Después	,194	12	,200*	,933	12	,411
TMF Después	,151	12	,200*	,935	12	,435
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

Fuente: Elaborado por el autor mediante el software SPSS

En la Tabla N° 4 se aprecia que para la TMF y TMR después del mantenimiento preventivo el nivel de significancia es superior a 0,05 (0,411 y 0,435 respectivamente) por lo que se puede concluir que los datos siguen una distribución normal.

ANEXO 05: Plan de Mantenimiento Preventivo

Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana
2019

Elaborado por:	JIMMI SANTOS CHERO	Nº Páginas: 11	Fecha: Julio 2019
Revisado:			
Aprobado:			

ÁREA ENCARGADA: RECURSOS HÍDRICOS (MANTENIMIENTO Y RIEGO)

1. OBJETIVOS

El siguiente plan de trabajo tiene como objetivo describir los procedimientos a seguir, previos y durante la realización del mantenimiento preventivo para las 12 estaciones de bombeo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico.

2. PERÍODO DE EJECUCIÓN

Fecha y hora de Inicio: (02/07/2019, 07:30 am)

Fecha y hora de Fin: (22/07/2019, 16:45 pm)

Total de horas: (8 horas)

3. RESPONSABLES Y GRUPOS DE TRABAJO

Se formó el equipo natural de trabajo, para que se involucre, participe y se responsabilice en las diferentes actividades, dentro de la gestión. Este equipo es formado por personal que labora en el área de mantenimiento y riego de la empresa, mostrado a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Personal para el mantenimiento

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES		RPM
2	Ing. Ronal Navarro Bautista	Ing. Agró-	988436729
3	Risco Navarro Jorge	electricista	982983852
4	Santos Chero Jimmy	electricista	943827181
5	Ipanaque Palacios Diego	electricista	

Fuente: Elaboración propia

4. LOGÍSTICA

Tabla 2. Equipos

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTI- DAD	CUADRI- LLA	OBSERVACIO- NES
1	Pinza amperimétrica	01	I	

2	Revelados de tensión	01	I	
3	multitester	01	I	
4	Compresor eléctrico	01	I	
5	Generador de 250w	01	I	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Herramientas

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTI-DAD	CUADRI-LLA	OBSERVA-CIONES
1	Juegos de destornilladores	01	I	
2	Alicates universal, corte	01	I	
3	Juego de llaves mixtas	01	I	
4	Pulverizados	01	I	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Materiales consumibles

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTI-DAD	CUADRI-LLA	OBSERVA-CIONES
1	Trapo industrial		I	
2	Solvente dieléctrico	03(gal)	I	
3	Limpia contactos	05	I	

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. Equipos de protección personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTI-DAD	CUADRI-LLA	OBSERVACIO-NES
1	Guantes de hilo (par)	03	I	
2	Respirados de goma con filtros conta polvo	03	I	
3	Uniforme de trabajo	03	I	
4	Guantes aislantes (par)	01	I	
5	Lentes oscuros y/o blancos	05	I	
6	Botas dieléctricas	04	I	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Vehículos de transporte

ITEM	DESCRIPCIÓN	PLACA	CUADRI-LLA	OBSERVACIO-NES
1	CAMIONETA TOYOTA 4X4	W4S 764	I	

Fuente: Elaboración propia

5. PROGRAMACIÓN ANUAL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En el siguiente cuadro indica las fechas planificadas para el mantenimiento preventivo

para el sistema eléctrico de las estaciones de bombeo.

Tabla 7. Programación de mantenimiento preventivo

Programación anual de mantenimiento preventivo para las 12 estaciones de bombeo						
Ítem	Descripción de actividad	Equipo	frecuencia	1.- fecha	2.- fecha	3.- fecha
1	mantenimiento preventivo	DPS 05	4 mes	2/07/2019	1/11/2019	2/03/2020
2	mantenimiento preventivo	DPS04	4 mes	3/07/2019	2/11/2019	3/03/2020
3	mantenimiento preventivo	DPS 03	4 mes	5/07/2019	4/11/2019	5/03/2020
4	mantenimiento preventivo	DPS 14	4 mes	8/07/2019	7/11/2019	8/03/2020
5	mantenimiento preventivo	DPS 15	4 mes	10/07/2019	9/11/2019	10/03/2020
6	mantenimiento preventivo	DPS 16	4 mes	12/07/2019	11/11/2019	12/03/2020
7	mantenimiento preventivo	DPS 12	4 mes	15/07/2019	14/11/2019	15/03/2020
8	mantenimiento preventivo	DPS 11	4 mes	17/07/2019	16/11/2019	17/03/2020
9	mantenimiento preventivo	DPS 10	4 mes	19/07/2019	18/11/2019	19/03/2020
10	mantenimiento preventivo	DSP 09	4 mes	22/07/2019	21/11/2019	22/03/2020
11	mantenimiento preventivo	DPS 07	4 mes	24/07/2019	23/11/2019	24/03/2020
12	mantenimiento preventivo	DPS 01	4 mes	26/07/2019	25/11/2019	26/03/2020

Fuente: Elaboración propia

6. PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS)

Con el fin de conservar en buen estado funcional los interruptores principales, arrancadores soft-start, contactores, botoneras, y en general todos los elementos que integran un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la revisión física, limpieza general, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas.

Después de haber realizado el diagnóstico de la situación actual del sistema eléctrico de las estaciones de bombeo y se obtuvo como resultado, que la disponibilidad entre 83% a 89%. se procede a realizar el plan de trabajo para aumentar dicha disponibilidad a un 95% para el beneficio del cultivo de caña de azúcar.

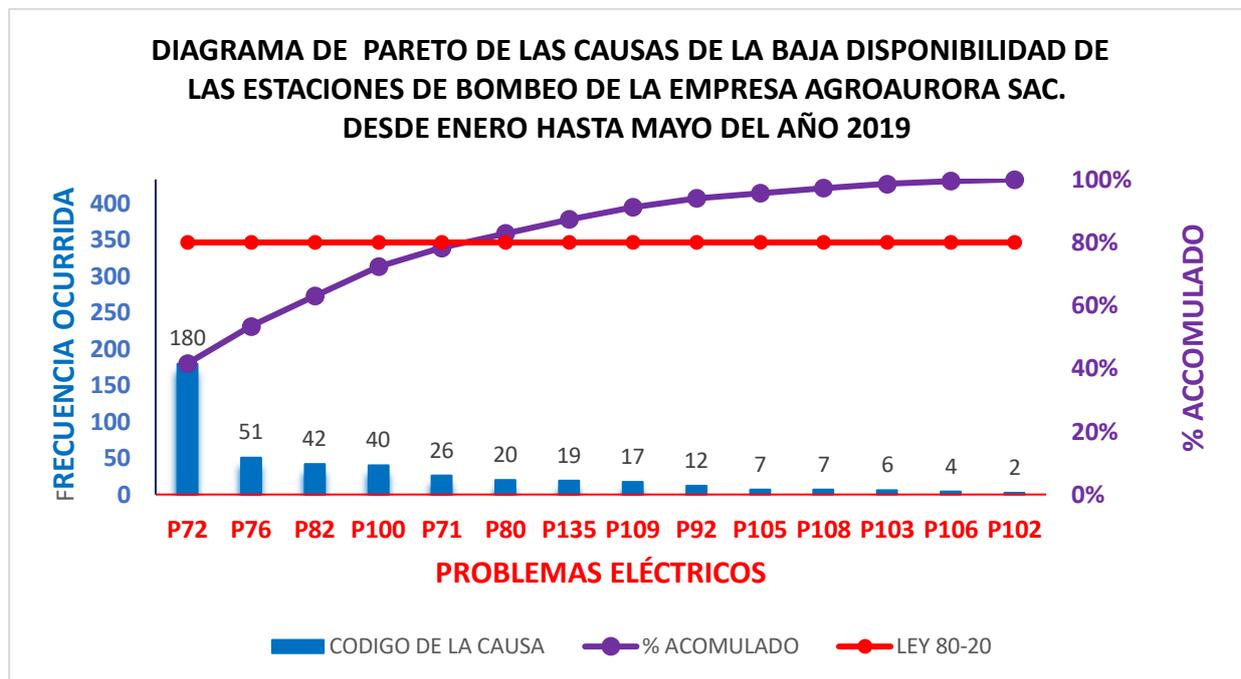
Para ello se realizó un diagrama de Pareto para identificar las fallas con índice alto los meses de evaluación, se consideró desde enero hasta febrero del año 2019, lo que se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 8. frecuencia de fallas de mes de enero hasta mayo

ITS	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA	CÓDIGO DE LA CAUSA	TOTAL, FRECUENCIA DE 5 MESES	% ACOMULADO		LEY 80-20
8	problemas en arrancador	P72	180	42%	180	80%
11	contactor motor no activa	P76	51	53%	231	80%
13	interruptor brequeado de motor	P82	42	63%	273	80%
1	problemas de voltaje	P100	40	72%	313	80%
10	falla de flujo de motor	P71	26	78%	339	80%
12	selector de motor no funciona	P80	20	83%	359	80%
9	x lámparas de loza no encienden	P135	19	87%	378	80%
7	bomba mezcladora no funciona	P109	17	91%	395	80%
14	falla de tarjeta de dren	P92	12	94%	407	80%
4	satec reporta falla	P105	7	96%	414	80%
6	amperímetros de motor no funciona	P108	7	97%	421	80%
3	fusible NH de motor quemado	P103	6	99%	427	80%
5	lámparas de señalización de motor malogrado	P106	4	100%	431	80%
2	interruptor general brequeado	P102	2	100%	433	80%

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Diagrama de Pareto.



Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado el diagrama de Pareto concluimos que debemos dar un mantenimiento más caudaloso a los siguientes equipos:

- Arrancadores soft-start.
- Contactores de fuerza de los motores de 170 amperios.
- Regular los parámetros del satec pm130(voltaje alto y bajo).

Lo anterior, se realiza utilizando el equipo de seguridad y herramienta adecuada, así como equipo de medición correspondiente.

Todo operador de planta responsable debe conocer las tres reglas necesarias para la conservación de estos aparatos en buen estado:

1. Seguir un programa de inspección preventiva, consistente en una lista de los elementos que deben incluir en cada inspección.

2. Tener en existencia un surtido de piezas de repuesto y de reparación tales como las que se incluyen en los manuales de cada elemento.

3. Ahorrar mucho tiempo y evitar trastornos adquiriendo los repuestos del propio fabricante del aparato, lo cual garantiza que los repuestos tengan las características de las piezas originales.

La aplicación del mantenimiento preventivo se verá reflejada en:

- Aumento de la disponibilidad del sistema eléctrico.
- Disminución de motores parados.
- Reducción de reparaciones.
- Reducción de costos.
- Incremento de la vida útil de sus equipos.

7. ACTIVIDADES EL DÍA DE CORTE PROGRAMADO:

Las actividades establecidas serán aplicadas en las 12 estaciones de bombeo, debido a que las estaciones cuentan con los mismos componentes.

Tabla 9. Actividades a realizar

ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	hora inicio	Hora final	Total
1	Realizar traslado del taller de mantenimiento al punto de trabajo	07:30:00	07:45:00	00:15:00
2	Identificar las fases de los cables de alimentación.	07:45:00	07:55:00	00:10:00
3	Medir voltajes, corrientes, temperaturas y resistencia de puesta	07:55:00	08:05:00	00:10:00
4	Desenergizar los tableros de la estación de bombeo	08:05:00	08:15:00	00:10:00
5	Realizar el respectivo aterramiento de la línea de alimentación	08:15:00	08:25:00	00:10:00
6	Señalizar la zona de trabajo.	08:25:00	08:35:00	00:10:00
7	Retirar las tapas laterales y superior de los tableros	08:35:00	08:45:00	00:10:00
8	Realizar una inspección visual de las instalaciones	08:45:00	08:55:00	00:10:00
9	Realizar pulverizado de aire a los tableros con compresor y una	08:55:00	09:15:00	00:20:00
10	Abrir los arrancadores soft-start y pulverizar con aire comprimido, y solvente dieléctrico.			
11	Retirar tapas de contactores de potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) desarmarlos y ver el estado de los platinos (contactos) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento, nunca lijar ni platinos ni núcleo, si los platinos están gastados es mejor cambiar el componente o los	09:15:00	12:00:00	02:45:00

12	Si se presenta ventilación forzada verificar que los abanicos giren libremente y retirar los filtros de aire y pulverizar.			
----	--	--	--	--

13	Realizar limpieza interior a las paredes de la caseta de los tableros (con ayuda de escobas y recogedores)	13:00:00	13:30:00	00:30:00
14	Retirar trapos y desechos extraídos de la limpieza	13:30:00	13:45:00	00:15:00
15	Realizar el pulverizado con solvente dieléctrico a todos los componentes eléctricos de los tableros.	13:45:00	14:35:00	00:50:00
16	Verificar que los cables conductores de tierra estén bien asegurados, correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero.	14:35:00	14:45:00	00:10:00
17	observar que no existan daños visibles o piezas flojas, si existen piezas flojas reajustar adecuadamente.	14:45:00	15:15:00	00:30:00
18	Realizar las pruebas de aislamiento y continuidad	15:15:00	15:40:00	00:25:00
19	Volver a colocar tapas laterales y superiora los tableros			
20	Retirar el aterramiento de línea y energizar	15:40:00	15:50:00	00:10:00
21	Realizar ajustes en el satec y establecer los rangos voltaje 525v,			
22	Realiza pruebas de funcionamiento y amperaje	15:50:00	16:10:00	00:20:00
23	Retirar señalización y orden de las herramientas y materiales.	16:10:00	16:25:00	00:15:00
24	Realizar conformidad del trabajo realizado al operador de la es-			
25	retorno al taller de mantenimiento	16:25:00	16:40:00	00:15:00
total de horas empleadas para realizar el mantenimiento preventivo				08:00:00

Fuente: Elaboración propia

8. COSTOS DEL MANTENIMIENTO.

El beneficio se obtendrá mediante el ahorro de equipos quemados por falta de un mantenimiento preventivo. Los gastos generados en el mantenimiento preventivo en las estaciones de bombeo solo se consideran los gastos de materiales consumibles, ya que los demás gastos ya son gastos fijos de la empresa tales como mano de obra, movilidad, equipos, herramientas. A continuación, se detalla la evaluación económica de la propuesta de mantenimiento preventivo.

Tabla10: Costos de recursos materiales consumibles

Gastos generados en el mantenimiento preventivo anual de las estaciones de bombeo							
ítem	Descripción	und	cantidad x dps	precio unitario (s/)	cantidad total	gastos x dps (s/)	precio total (s/)
1	trapo industrial	kg	3	S/.5.98	36	S/.17.94	S/.215
2	solvente dieléctrico	gl	3	S/.75.00	36	S/.225.00	S/.2,700
3	limpia contactos	und	5	S/.45.00	60	S/.225.00	S/.2,700
4	recogedor municipal plástico	und	2	S/.11.90	2	S/.23.80	S/.24
5	escoba -escobón	und	2	S/.14.90	2	S/.29.80	S/.30
					total	S/.521.54	S/.5,669

Fuente: Elaboración propia

	“Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del sistema eléctrico en las estaciones de bombeo de la Empresa Agroaurora S.A.C Sullana 2019”	Código:	Caibeta 01
		Edición:	11
		Fecha:	01-07-19
		Página:	63 de 11

Tabla11: Costos de recursos materiales del investigador

Recursos materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Hojas bond	01m	S/ 12.00	S/ 12.00
Cartuchos para impresora B/N y Color	02	S/ 45.00	S/ 90.00
Bolígrafos	01	S/ 3.50	S/ 3.50
Cuaderno	01	S/ 6.00	S/ 6.00
		TOTAL	S/ 111.5

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se hace un resumen de todos los gastos realizados en la tabla 12.

Tabla 12: Resumen de costos

Descripción		Costo total
Recursos materiales consumibles		S/.5,669
Recursos materiales del investigador		S/ 111.5
	TOTAL	S/ 5,780.5

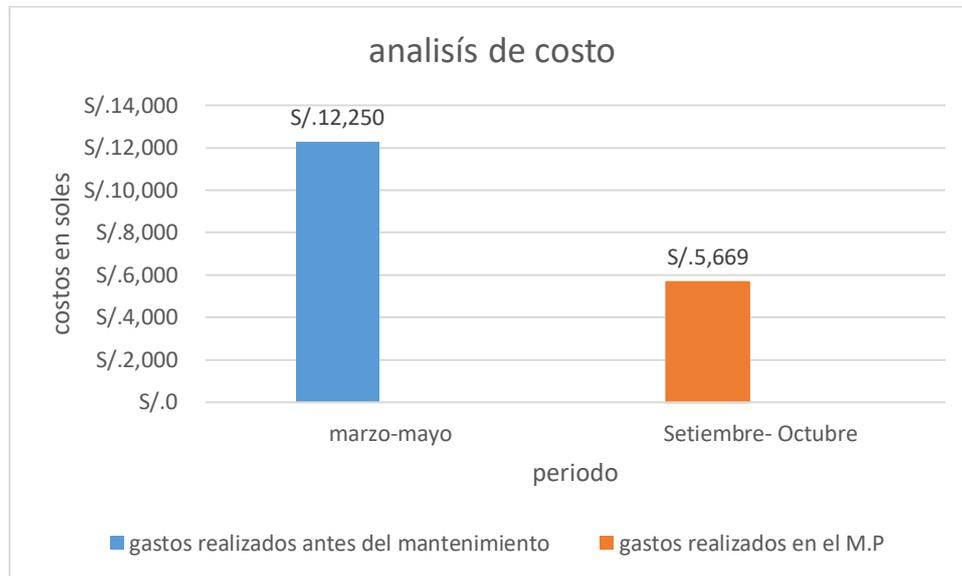
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Análisis económico

Análisis de costo			
Descripción	marzo-mayo	Setiembre-October	Ahorro generado
Compra de equipos /materiales	S/.12,250	S/.5,669	S/.5,768.25

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Análisis económico de la implementación de ingeniería de métodos



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14, Se observa que la diferencia realizados de S/.12,250 gastos realizados antes de la implementación y S/.5,669 de gastos realizados en la implementación del mantenimiento preventivo teniendo un ahorro de S/.5,768.25 quedando demostrado que los planes de mantenimiento preventivo son rentables para la empresa Agroaurora SAC.

9. CONCLUSIONES.

- El personal involucrado en el presente Plan de trabajo deberá de realizar un reconocimiento del área de trabajo días antes del corte de energía en el mismo que se detallarán los trabajos a realizar y la participación de cada uno de ellos.
- Todo el personal considerado en el presente plan deberá portar obligatoriamente sus respectivas herramientas e implementos de seguridad de uso personal, cuyo control estará a cargo del personal responsable del grupo, con la Fiscalización del responsable de Seguridad.
- Al inicio de cada actividad el responsable de grupo deberá supervisar constantemente los IPP y corregir actos y condiciones inseguras de trabajo.
- Terminada la actividad se ejecutará el orden y limpieza y la evacuación de los residuos generados.

10. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta los procedimientos de trabajo seguro (PETS), para la realización de todos los trabajos anteriormente mencionados.
- Realizar las coordinaciones pertinentes para la desconexión del fluido eléctrico de todos los puntos de intervenir