



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mejora del Proceso de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Equipos de Aire Acondicionado de la Empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA:

Anerlinda Rojas Cordova (ORCID: 0000-0002-0943-7378)

ASESOR:

Mg. Dixon Groky Añazco Escobar (ORCID: 0000-0002-2729-1202)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión Empresarial y Productiva

Lima – Perú

2019

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, por darme la vida y permitirme llegar a este momento importante de mi formación profesional. A mis hermanos y hermanas por demostrarme su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias. A mi madre, que ha sabido educarme con buenos hábitos, valores y sentimientos, lo cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi padre, a pesar de que no este, sé que hubiera sido tan especial este momento para ti como para mí. A mis primas y tíos, a quien quiero mucho, por compartir momentos agradables y desagradables conmigo. A mis profesores, gracias por su apoyo, tiempo y sabiduría que me transmitieron en el transcurso de mi formación profesional. A mis amigos y amigas, quienes sin su ayuda nunca hubieran sido posible llegar hasta aquí

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme, guiarme por todo este camino y darme la salud, fuerzas para vencer cualquier dificultad a lo largo de mi vida. A mi familia por brindarme su apoyo moral y motivador. A los amigos y amigas por apoyarme en el momento que lo necesite. De manera especial al asesor, por haberme guiado en la elaboración de esta tesis. A la Universidad César Vallejo por ser la sede principal de todo conocimiento adquirido durante estos largos años. Finalmente, mi agradecimiento a todos los que estuvieron cerca de mí brindándome todo su apoyo.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Yo, Anerlinda Rojas Cordova, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N°41209108 con la tesis cuyo título es “Mejora del Proceso de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Equipos de Aire Acondicionado de la empresa Termo Sistemas SAC, Ate 2019”.

Declaro bajo juramento que: soy la autora de esta tesis y se ha respetado las Normas internacionales de las referencias y citas en las que se ha utilizado como fuentes a consultar.

Esta tesis no ha sido presentada ni publicada antes para conseguir algún título profesional. Los resultados presentados son datos reales, no copias. Estos servirán como aportes a la realidad o serán utilizados en futuros trabajos de investigación.

Al comprobarse alguna irregularidad, ya sea de plagio, fraude, asumo las sanciones que de mi acto provengan, sujetándome a la resolución actual de la Universidad César Vallejo.

Lima, 24 de junio de 2019



Anerlinda Rojas Cordova

DNI N° 41209108

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Gráficos.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	31
2.1 Tipo y Diseño de investigación.....	31
2.2 Operacionalización de Variables	32
2.3 Población, muestra y muestreo	35
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.5 Procedimiento	42
2.6 Método de análisis de datos	58
2.7 Aspectos éticos.....	58
III. RESULTADOS	60
IV. DISCUSIÓN.....	87
V. CONCLUSIONES.....	90
VI. RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXO	102

Índice de Tablas

Tabla 1 Disponibilidad de equipos de volumen de refrigerante variable (VRV) en Lima, Febrero y Marzo 2018	6
Tabla 2 Cálculo de la muestra de eficiencia de órdenes de trabajo	36
Tabla 3 Análisis descriptivo de la eficiencia de órdenes de trabajo	37
Tabla 4 Cálculo de la muestra del índice de mantenimiento programado.....	38
Tabla 5 Análisis descriptivo para el índice de mantenimiento programado.....	38
Tabla 6 Cálculo para el diagrama del Pareto	44
Tabla 7 Tiempo de ejecución del mantenimiento de evaporador	47
Tabla 8 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del evaporador	48
Tabla 9 Tiempo de ejecución del mantenimiento del condensador.....	50
Tabla 10 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del condensador	50
Tabla 11 Tiempo de ejecución del mantenimiento del compresor	52
Tabla 12 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del compresor	52
Tabla 13 Eficiencia de órdenes de trabajo	60
Tabla 14 Índice de mantenimiento programado	61
Tabla 15 La confiabilidad MTBF tiempo medio entre fallas	62
Tabla 16 La mantenibilidad MTTR tiempo medio para reparar	63
Tabla 17 Cálculo de la disponibilidad	64
Tabla 18 Eficiencia de órdenes de trabajo después de la mejora	65
Tabla 19 Índice de mantenimiento programado después de la mejora.....	66
Tabla 20 La confiabilidad MTBF tiempo medio entre fallas Pos-tes.....	67
Tabla 21 La mantenibilidad MTTR tiempo medio para reparar Pos-tés	68
Tabla 22 Cálculo de la disponibilidad después de la mejora.....	69
Tabla 23 Cuadro de datos Pre-Tés y Pos-Tés	72
Tabla 24 Gastos de mantenimiento inadecuado	85
Tabla 25 Costo de los recursos para la mejora de procesos	85
Tabla 26 Costo beneficio de la mejora del proceso de mantenimiento	86
Tabla 27 Cuadro de contrastación de la hipótesis.....	89

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Temperaturas mínimas del Perú 27/01/2017	2
Gráfico 2 Disponibilidad de los equipos de volumen refrigerante variable (VRV) en Lima, febrero y marzo del 2018	7
Gráfico 3 Equipo Volumen de refrigerante variable (VRV)	25
Gráfico 4 Ciclo de refrigeración	26
Gráfico 5 Matriz de operacionalización	34
Gráfico 6 Diagrama de Ishikawa	43
Gráfico 7 Diagrama de Pareto	45
Gráfico 8 Disponibilidad antes y después de la mejora.....	71
Gráfico 9 Disponibilidad antes y después de la mejora.....	72

Resumen

El presente trabajo propone mejorar los procesos en el servicio de mantenimiento preventivo de la empresa Termo Sistemas SAC, proponiendo incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de sus clientes. Para esta investigación se utiliza información recopilada, métodos y técnicas aprendidas de ingeniería que permiten el desarrollo del trabajo, el cual consta de diseñar procedimientos y formatos de trabajo, mantenimiento programado con el fin de reducir el número de mantenimiento, fallas y tiempo de reparación, incrementando directamente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado.

Las definiciones, métodos y técnicas aplicados para alcanzar los objetivos fueron: índice de mantenimiento programado, órdenes de trabajo y disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de volumen refrigerante variable (desde ahora Equipos VRV). Para determinar la cantidad de fallas en los equipos, se realizó una inspección y se estableció que debería existir un procedimiento específico de mantenimiento de equipos, para lo cual se elaboró un procedimiento detallado de mantenimiento preventivo para los equipos VRV que comercializa la Empresa.

En el presente trabajo de investigación se establecieron objetivos en el servicio de mantenimiento preventivo, definiendo las acciones a realizar en los equipos y el personal profesional involucrado de la empresa Termo Sistemas SAC.

El trabajo de investigación es de diseño cuasi experimental de tipo cuantitativo, por tal motivo se utilizará fórmulas para calcular la muestra.

La conclusión de la investigación expresa que la empresa Termo Sistemas SAC obtiene ahorros económicos significativos en la reducción del número de mantenimientos y de personal, al realizar un buen procedimiento en el mantenimiento preventivo e incrementando la disponibilidad de los equipos VRV.

Palabras claves: Mejora del proceso, mantenimiento preventivo, disponibilidad.

Abstract

The present work proposes to improve the processes in the preventive maintenance service of the company Termo Sistemas SAC, proposing to increase the availability of the air conditioning equipment of its customers. For this research, information collected, methods and techniques learned from engineering are used that allow the development of the work, which consists of designing procedures and work formats, scheduled maintenance in order to reduce the number of maintenance, failures and repair time, directly increasing the availability and reliability of air conditioning equipment.

The definitions, methods and techniques applied to achieve the objectives were: scheduled maintenance index, work orders and availability of variable refrigerant volume air conditioning equipment (now VRV equipment). To determine the number of failures in the equipment, an inspection was carried out and it was established that there should be a specific equipment maintenance procedure, for which a detailed preventive maintenance procedure was prepared for the VRV equipment sold by the Company.

In the present work of investigation established objectives in the service of preventive maintenance, defining the actions to realize in the equipment and the professional personnel involved of the company Termo Sistemas SAC.

The research work is of quasi-experimental design of quantitative type, for this reason formulas will be used to calculate the sample.

The conclusion of the investigation expresses that the company Termo Sistemas SAC obtains significant economic savings in reducing the number of maintenance and personnel, by performing a good procedure in preventive maintenance and increasing the availability of VRV equipment.

Keywords: Process improvement, preventive maintenance, availability.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la temperatura en el mundo se está incrementando progresivamente, llegando en países Orientales como la India el 2019 a 51°C, cobrando 36 víctimas mortales como consecuencia de los golpes de calor que azota a su población. Este fenómeno no es indiferente a los países como España, que en el 2018 llegó a soportar más de 46°C, produciendo la muerte de 20 personas. Otro fenómeno registrado la NASA (2017), manifestó que la temperatura de la superficie del mar llegó a un promedio de 1.21°F (0.67 °C), este resultado llegó a sorprender a algunos científicos. (FOUNTAIN, y otros, 2018)

A raíz de este incremento en las temperaturas en países como en España, la venta de equipos de aire acondicionado se incrementó en un 11.76% en el año 2017 comparado al año anterior, gracias a lo indicado el sector climático presentó un progresivo crecimiento. (GARCIA, 2018).

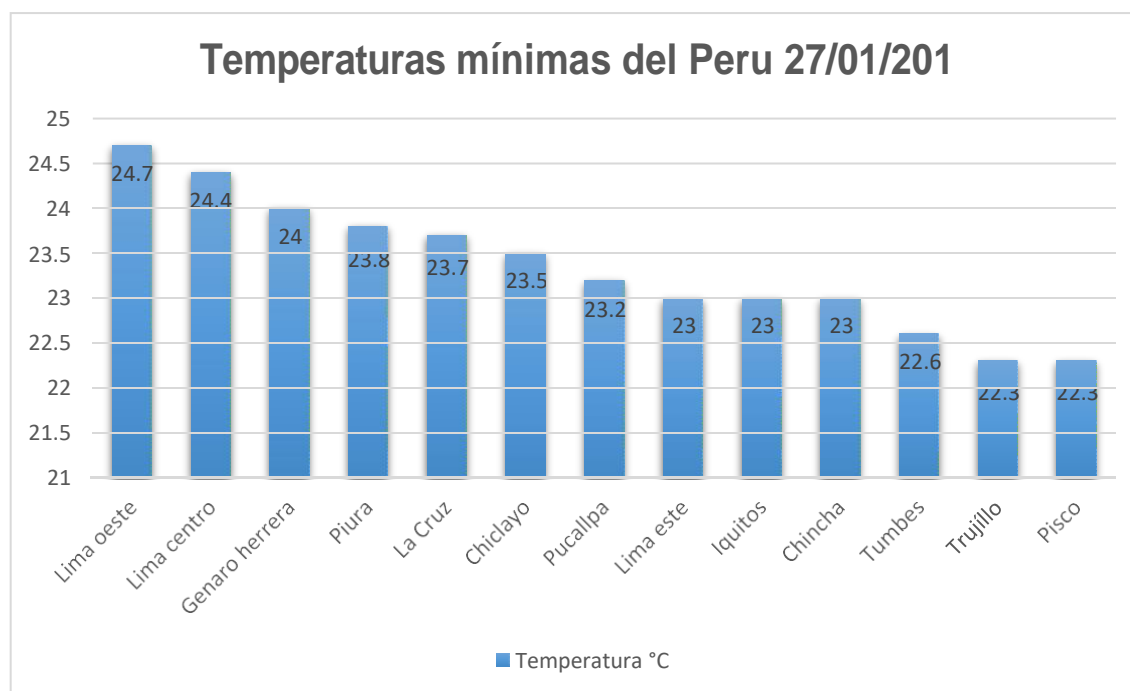
En Latinoamérica y en especial en el país del Perú se han venido presentando altas temperaturas en las épocas de verano, según el Diario el Comercio, menciona que en Enero de este año Piura se presentó temperaturas elevadas especialmente en los distritos de Catacaos llegando a los 35.8 °C, Chulucanas 34.8 °C, Salitral 34.5°C y Marcavelica 34.5°C.

Como se puede apreciar, los países están sufriendo cambios exponenciales de temperatura y el ser humano no está apto para soportar altas temperaturas, la temperatura ideal para vivir según Enrique Hernanz es de 20°C con ello se puede lograr el confort necesario para que las personas se desenvuelvan normalmente en la vida diaria. Para ello se busca la manera de poder climatizar el ambiente tanto de vivienda como en el trabajo tratando de acondicionarlo de acuerdo a las necesidades requeridas. Para poder satisfacer esta necesidad están los equipos de aire acondicionado, que permite climatizar el ambiente y así poder vivir y trabajar de manera confortable.

En el mercado peruano se esperaba que la venta de equipos de aire acondicionado como de ventiladores creciera un 15% para el 2017 según Javier Butrón presidente del gremio de comerciantes de electrodomésticos de la (CCL), como se puede deducir el mercado de venta de equipos aire acondicionado en Perú está en crecimiento.

Esto se puede constatar apreciando el siguiente gráfico:

Gráfico 1 Temperaturas mínimas del Perú 27/01/2017



Fuente: Adaptado del SENAMHI

En este gráfico nos presenta las temperaturas mínimas que se llegó a inicio del verano del 2017, como se observa hasta las temperaturas mas mínimas ya generan una necesidad de contar con un equipo de aire acondicionado ya que trabajar a una temperatura superior a los 23 grados centígrados genera una incomodidad y afecta el desempeño del trabajador.

Los equipos de aire acondicionado si bien es cierto favorecen a una zona de confort, para su funcionamiento requieren del gas R22 el cual es uno de los principales gases que destruyen la capa de ozono y que causan el cambio climático, pero en estos tiempos están llegando al mercado los gases conocidos como gases ecológicos los cuales tienen un índice mínimo de contaminación basándose en el protocolo de Kioto.

Según el periodista Erving Vega el protocolo de Kioto es la convención que promueve a que los países minimicen la emisión de sus gases de efecto invernadero al ambiente, comprometiendo a 37 países altamente industrializados y a los que conforman la unión europea, reconociendo que son ellos los responsables del cambio climático que se está afrontando en la actualidad, este protocolo promueve que se establecen leyes para poder cumplir con lo prometido y a la vez busca dar oportunidades de negocio y para poder lograr cuenta con 100,000 millones de dólares para proporcionar créditos a partir de la adopción de este nuevo protocolo. (VEGA, 2012)

Como se puede observar los sistemas de aire acondicionado son la respuesta para este incremento en las temperaturas, por ello, para que los equipos funcionen correctamente necesitan de un mantenimiento constante ya que estos cuentan con dos partes principales como son: los evaporadores y los condensadores, cuya obstrucción por suciedad o polvo perjudicarían seriamente su funcionamiento, como lo menciona la empresa española Hispaclima, el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado tanto de frío como de calor representan una parte fundamental, para ello puede asegurar una alta eficiencia en el funcionamiento, estos equipos cuentan con accesorios muy delicados los cuales deben mantenerse muy limpios pues de lo contrario podría generarse bacterias en el evaporador que podrían atentar contra la salud y de llevar un correcto mantenimiento, cumpliendo con los procedimientos necesarios se incrementara el rendimiento de estas máquinas o equipos (HISPANIACLIMA, 2018).

Contar con un sistema de mantenimiento preventivo es esencial para poder incrementar la calidad como la disponibilidad, como lo menciona los autor Fernández y Colina donde en su artículo muestra la importancia estratégica al poder contar con un sistema mantenimiento preventivo planificado, en esta detalla los tipos de mantenimiento tanto el mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo planificado, Mantenimiento predictivo, mantenimiento productivo total y su influencia en la cadena hotelera, destaca el nivel de seguridad que debe tenerse al manejar un hotel en óptimas condiciones, en esta también nos detalla los aspectos fundamentales que se tiene que tener en cuenta para poder realizar un mantenimiento completo, hace un incapie en que el mantenimiento no solo involucra al personal técnico si no a todo los involucrados en el tema y finalmente nos propone algunos indicadores que es necesario contar para poder llevar un control adecuado de los progresos (El mantenimiento preventivo planificado en las instalaciones hoteleras una prioridad insoslayable, 2010 págs. 45-47). El mantenimiento preventivo generalmente es usado para aumentar la vida útil de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento correctivo, en este tema los Sánchez Ávila y J. V. Garcia Ruano presentan un artículo donde el mantenimiento preventivo se realizó por diagnóstico y pronóstico en un equipo de aire acondicionado, esta prueba se realizó en el hotel de Bella Costa, esto es en consecuencia a los problemas de altos costos que viene generandose al realizar mantenimientos correctivos, por lo tanto se desarrolla un experimento al equipo, obteniendo una curva de degradación del funcionamiento del equipo asi como de poder identificar el momento mas oportuno para

efectuar las tareas de mantenimiento, con esta investigación se puede realizar los trabajos de mantenimiento a menor costo y sobre todo con un alto índice de disponibilidad (Desarrollo y aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico al mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado, 2000 págs. 21-27). Por otro lado, en el artículo, el objetivo que plantearon los autores se centró en mejorar la confiabilidad y calidad de los equipos de la planta de energía de un sistema eléctrico presentando un método que va a garantizar la estabilidad del sistema combinando mantenimiento productivo total el cual hace uso del mantenimiento predictivo que consiste en realizar análisis de fallas e identificar y alargar la vida útil de los equipos. Se concluyó que el sistema de gestión de mantenimiento busca prevenir fallas haciendo que los equipos dejen de funcionar el cual genera pérdidas económicas. Utilizando el mantenimiento productivo total en el que se obtuvo la mejora en las centrales eléctricas, se suministró mantenimiento con un proceso más viable y de esta manera permitió al sistema disminuir las fallas de los equipos en la planta, también se rebajaron los costos anuales de mantenimiento incrementando la confiabilidad y reduciendo la mantenibilidad, por el cual se obtuvo una creación de energía más fiable y constante. (Maintenance Tools applied to Electric Generators to Improve Energy Efficiency and Power Quality of Thermoelectric Power Plants, 2017 pág. p1091. 21p.)

En el tema de gestión de mantenimiento poder contar con herramientas o programas es muy esencial ya que este nos facilitarán las labores, poder programar y tener indicadores a la mano para poder realizar una mejora si es necesario, respecto al tema los autores Cruz, Sánchez y Martínez en su artículo presentan la implementación del sistema benchmarking que es un sistema poderoso en la presentación de reportes de indicadores, para poder implementar este programa tienen que realizar antes una serie de acciones como calcular el nivel de prioridades de sus equipos, cálculos de análisis de frecuencias también se desarrolla un algoritmo para la planificación de mantenimiento y entre otros, se concluye que después de realizar la implementación se obtuvo como resultado el cumplimiento de las tareas de mantenimiento preventivo en un 95% y un 93% en el mantenimiento correctivo y por último se mejoró el tiempo de respuesta hasta en un 1.5 horas. (Sistema informático de gestión para planificar el mantenimiento preventivo de equipos médicos, 2000 págs. p87-92. 6p.). Como se puede constatar el tema de mantenimiento es muy esencial, también un factor muy importante es el punto de la confiabilidad con la que se contará al realizar este tipo de mantenimiento sobre este punto, los autores Reinaldo Ihosvanny, Armando Díaz y entre

otros en su artículo buscan como objetivo principal la evaluación de la confiabilidad operacional a un nivel técnico en una maquina frigorífica, para ello se tubo que calcular los indicadores tales como el MTTR y el MTBF y con estos datos poder calcular la disponibilidad del frigorífico, una vez obtenido estos datos se puede identificar los puntos críticos que afectan a la disponibilidad y así proponer soluciones mas acertadas y poder mejorar la confiabilidad , finalmente se obtubo una reducción del tiempo de reparación MTTR en un 50% (Assessment of components of operational reliability in walk- in freezer, 2016 págs. p78-84) . también en otro artículo el objetivo que los autores describen es de cómo utilizar la metodología de intercambio de troqueles en la compañía industria alimentaria, debido a que se presentan fallas en los equipos, fallas de mantenimiento, escasez de repuestos, falta de capacitación al personal, en la que esta metodología propuso medir los resultados utilizando la técnica del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación unido a la eficiencia y eficacia de la máquina. Se concluye que el MTTR mantenibilidad y MTBF confiabilidad ayudan a realizar los cálculos y a mejorar la puesta en funcionamiento de esta metodología así mismo se puede calcular el tiempo que actúa en caso de imprevisto, según una falla o reparación y disminuir esta, por consiguiente. (Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED, 2017 págs. p3607-3618. 12p) también los autores Srinivas Jalla y otro en su artículo el objetivo que determinaron fue una perspectiva centrado en información para mejorar la confiabilidad y tiempo en la administración de los activos con la finalidad de alargar la vida útil y mejorar la habilidad de reparación, a pesar de contar con la responsabilidad de los técnicos y herramientas actualizadas de los activos, algunas aplicaciones cuentan con dificultades para llevar a cabo las expectativas. Se concluyó que al implementar los conocimientos de gestión de activos se alargó la vida útil de los activos. (Data-Driven Approach for Improving Asset Reliability, 2019 págs. p13-20. 8p. 1)


Termo Sistemas SAC es una empresa que se dedica al servicio de instalación, mantenimiento de equipos de aire acondicionado y el problema que se viene presentando es en el servicio de mantenimiento preventivo, el cual cuenta con procedimientos inadecuados que ocasionan que los equipos presenten constantes fallas generando la insatisfacción del cliente por dicho servicio.

El trabajo de investigación se centrará en los equipos de aire acondicionado del sistema volumen refrigerante variable (VRV) de la marca Daikin, lo cual cuenta con las siguientes características:

- Capacidad de 300,000 BTU/h (unidad condensadora)
- Gas refrigerante R22 y R410A.
- Unidades evaporadoras de capacidades 16,000; 28,000 y 30,000BTU/h.

Este tipo de equipo se encuentra instalados en Lima, los cuales presentaron un índice de disponibilidad baja, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1 Disponibilidad de equipos de volumen de refrigerante variable (VRV) en Lima, Febrero y Marzo 2018

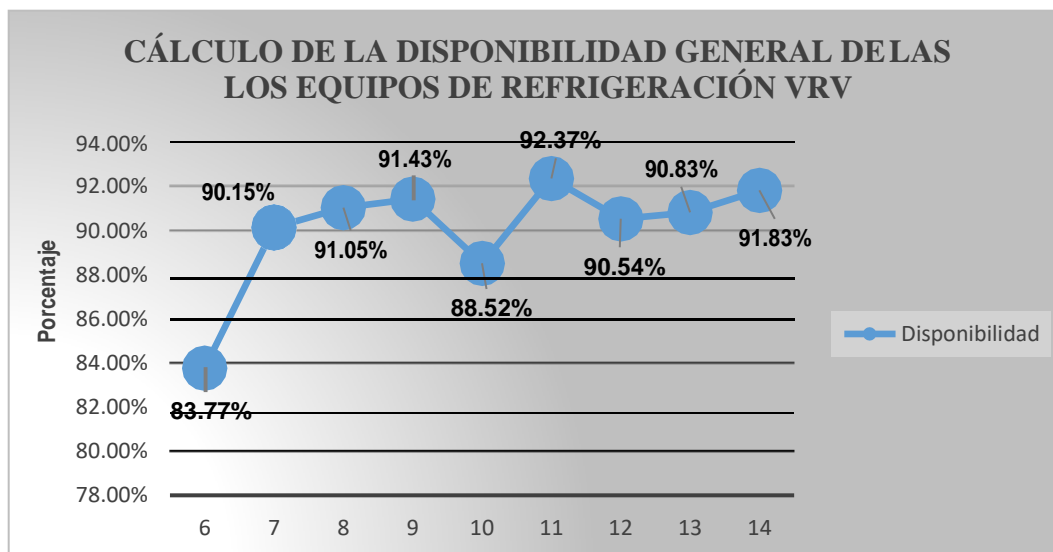
		CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD GENERAL DE FEBRERO Y MARZO 2018		
Semana	Fecha	MTBF	MTTR	Disponibilidad
6	4/02/2018	44.40	8.60	83.77%
7	11/02/2018	66.60	7.28	90.15%
8	18/02/2018	66.60	6.55	91.05%
9	25/02/2018	63.30	5.93	91.43%
10	4/03/2018	66.60	8.63	88.52%
11	11/03/2018	66.60	5.50	92.37%
12	18/03/2018	62.70	6.55	90.54%
13	25/03/2018	66.60	6.73	90.83%
14	01/04/2018	66.60	5.90	91.86%

Fuente: Propia

En la tabla 1 se puede observar que los equipos tienen un porcentaje de disponibilidad de 83% a 92% cuyo factor es considerado bajo ya que en la empresa dispone que el porcentaje no debe ser inferior al 97% el cual se debe cumplir en cada uno de los locales donde se presta el servicio.

Para una mejor apreciación se presenta el siguiente gráfico:

Gráfico 2 Disponibilidad de los equipos de volumen refrigerante variable (VRV) en Lima, febrero y marzo del 2018



Fuente: propia

Como se puede observar en la gráfica 1 el índice de disponibilidad está relativamente inferior a la disponibilidad requerida por la empresa especialmente en los equipos VRV.

A raíz de esta baja disponibilidad se viene presentando constantes reclamos de parte de los clientes, la cual aducen que el equipo en ocasiones está inoperativo presentando de una a dos fallas por semana, esto genera pérdidas a la empresa ya que para solucionar este inconveniente la empresa tiene la necesidad de incrementar el ciclo de mantenimiento, así como el incremento de personal para solucionar los problemas que se presentan, la empresa para solucionar este problema optó por incrementar el mantenimiento por mes ya que se realiza cada dos meses, esto conlleva a incurrir gastos en personal, movilidad, materiales y sobre todo el tiempo invertido para solucionar este inconveniente.

Por este motivo el presente trabajo de investigación busca realizar la mejora en los procedimientos de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos VRV o de aire acondicionado y de este modo poder programar un mantenimiento requerido en el tiempo adecuado.

Se presenta a continuación algunas tesis donde podemos ver la aplicación del mantenimiento para poder entender cuáles son los parámetros a considerar.

GÓMEZ, J. (2017). En su tesis "Implementación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la confiabilidad de los equipos de frío en el área de mantenimiento. Empresa

Jochemai SAC Lima 2017". Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad César Vallejo Lima-Perú. El objetivo que Baruch planteó fue de mejorar la confiabilidad en el departamento de mantenimiento de los equipos de refrigeración, para ello utilizó herramientas, técnicas, actividades y procedimientos de ingeniería como el Lean Manufacturing, implementando esta técnica se logró mejorar la producción de equipos de refrigeración, para ello utilizó una población de 12 semanas, logrando que la confiabilidad se incremente en 11.65%, esto lo podemos constatar en el Tiempo medio entre fallas donde se inició con el tiempo de 302.1667 horas, logrando una mejora de 573.9167 horas, finalmente concluye que aplicando la técnica Lean Manufacturing se genera una mejora en la confiabilidad logrando un ahorro de 27,060 soles.

Esta tesis facilitará al trabajo de investigación temas fundamentales como, mejora de la confiabilidad y nos proporciona cálculos para aplicarlos en este trabajo de investigación.

QUILICHE, J. (2018). En su tesis "Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y Molienda de la Empresa Casa Grande S.A.A." Para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial de la Universidad César Vallejo Lima-Perú. El objetivo que el autor planteó se centró en aplicar un plan de mantenimiento centrado puntualmente en la confiabilidad para de esta manera poder mejorar el mantenimiento de los equipos de su empresa Casa Grande S.A.A., para lo cual se utilizó métodos deductivos basándose a una investigación pre-experimental. Para este trabajo la población que determino para el estudio fue de 45 equipos del área de Molienda. Una vez aplicado el mantenimiento se alcanzó una confiabilidad en la cual se inicio de 86.13% y se llegó a mejorar hasta los 96.68%, también se puede apreciar la mejora en el resultado de la mantenibilidad Tiempo medio de reparación, donde se inicio con un tiempo de 36.31 horas y después de la mejora se alcanzó 12.85 horas, logrando reducir el tiempo de reparación de los equipos de Molienda.

Esta tesis facilita al trabajo una información esencial tanto de mantenibilidad, disponibilidad como de confiabilidad, los cuales servirán de gran ayuda para poder definir las teorías de la metodología.

ZAVALA, M. (2018). En su tesis "Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos en Essalud – Virú 2018". Para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial de la Universidad César Vallejo Trujillo-Perú. El objetivo

que el autor Zavala planteó se centro en relizar un mantenimiento preventivo y de esta manera lograr aumentar la disponibilidad de los equipos de Essalud, para esta investigación se realizó un análisis a todos los equipos y de esta manera poder determinar los puntos mas críticos y asi poder determinar los equipos donde se tendra mas cuidado a la hora de realizar el mantenimiento, también se calculó la disponibilidad antes de la prueba donde se obtuvo un porcentaje de 90%, después de realizar el mantenimiento se logró mejorar la disponibilidad hasta un porcentaje de 98%. Para la prueba de su hipótesis el autor utilizó la prueba estadística del T-student.

Esta tesis suministrará información fundamental al trabajo de investigación de cómo mejorar el plan de mantenimiento preventivo, también proporciona métodos y procedimientos para el cálculo de la disponibilidad, el cual para este caso es esencial.

(GONZÁLES, 2013). En su tesis “Plan de mantenimiento preventivo para equipos rotativos en instalaciones de centros comerciales tipo Mall”. Para optar por el grado académico de Magister Scientiarum en gerencia de mantenimiento en la Universidad de Zulia Maracaibo-Venezuela. El objetivo que Gonzales determinó fue el de sugerir un programa de mantenimiento preventivo para los equipos instalados en los centros comerciales basándose en la hipótesis de Duffuaa entre otros, conformándose el trabajo bajo el punto de vista cuantitativo, las distintas observaciones o análisis tanto de mantenibilidad, confiabilidad como de disponibilidad que se realizaron fue para ver el rendimiento de los equipos ya que presentaban una gran lista de fallas, se determinaron; periodo para fallar y medio entre fallas, tasa de fallas, dando como resultado la falta de programación y adaptación de los trabajadores al mantenimiento preventivo. Se llegó a la conclusión que, al proyectar un procedimiento de mantenimiento para los equipos, se realizará con la finalidad de suministrar la operación en el periodo, basándose en la credibilidad de fallas y para establecer el número de horas en la confiabilidad, por último los periodos de mantenimiento y estándares de trabajo de los equipos.

Para el trabajo de investigación esta tesis proporcionará temas fundamentales como, la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, el cual servirá para realizar un análisis debido a que los equipos presentan un gran número de fallas y así aumentar la disponibilidad.

SÀNCHEZ, M; SANCHES, R Y TAPIA, C (2007). En su tesis “Planeación del mantenimiento preventivo de una unidad tipo paquete de aire acondicionado, propiedad de afroméxico ubicado en el aeropuerto internacional de la ciudad de México (AICM)”. Para

obtener el título de Ingeniero Mecánico en el Instituto Politécnico Nacional. El objetivo que los autores determinaron fue el de llevar a cabo un planeamiento de una relación de actividades, de cómo mejorar el mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado para elaborar con más competencia los periodos de operación en la vida útil, así como también disminuir los precios, a través de la técnica de la ruta crítica y la utilización del MS Project. De este modo se llegó a la conclusión que al utilizar la técnica de la ruta crítica se propone alargar el tiempo de la vida útil del equipo, disminuir los precios en el momento de llevar a cabo el mantenimiento correctivo y el periodo de elaboración de si, con el propósito de colocar fuera la ejecución, el pequeño periodo del equipo ya que este alimenta a una sala, el cual es fundamental para la ejecución, forma y calidad, en caso de que se acepte la propuesta se brindara el servicio de mantenimiento preventivo para el resto de equipos.

Esta tesis ayudará al trabajo de investigación de cómo mejorar el mantenimiento preventivo de un equipo del sistema de aire acondicionado, que permitirá de esta manera realizar mas eficientes los periodos de ejecución en la vida útil.

MUÑUMEL, J (2012). En su tesis “Propuesta de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del centro Monaca”. Para optar por el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Simón Bolívar Sartenejas-Venezuela. El objetivo fundamental que planteo en la investigación José fue el de elaborar la programación de mantenimiento de los equipos reconocidos con defectos dentro de la empresa, de esta manera se hizo uso del método de mantenimiento enfocado en la confiabilidad, con la finalidad de mejorar la ejecución de los equipos, así mismo presento una sugerencia técnica para sustituir a los equipos que se encuentran en una situación defectuosa ya que a sus largos años de funcionamiento demuestran una disminución tanto en la confiabilidad como en la disponibilidad de ejecución. Finalmente se llegó a la conclusión que los informes técnicos debían ser mejorados, así mismo se inspecciono las funciones de cada equipo a través del uso de esquemas de inicio y final, de esta manera le permitió entender mejor el manejo de equipos y de este modo le facilitó el reconocimiento de los defectos.

Esta tesis proporcionará a este trabajo de investigación factores importantes como el programa de mantenimiento y la confiabilidad el cual servirá de guía para realizar la programación de los equipos y asi poder incrementar la disponibilidad.

Como se puede leer y entender el mantenimiento es muy esencial en todas las industrias y al no contar con ello obliga a realizar mantenimientos correctivos que solo ocasionan más

gastos, a continuación, se presenta algunos temas relacionados al trabajo para comprender mejor los puntos que se mencionaran más adelante.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento programado, busca que los equipos se mantengan operativos en el tiempo, para ello se realiza el análisis y programaciones para la solución de las posibles fallas que se vienen presentando. Básicamente busca realizar procedimientos antes que el equipo presente fallas y de este modo incrementar la disponibilidad de los equipos.

Luis Rivera menciona que el mantenimiento preventivo son aquellos donde se realizan actividades con una frecuencia determinada donde se busca prevenir los daños a un equipo o sistema. Donde a mayor mantenimiento preventivo menor será el mantenimiento correctivo que se realiza. (RUIZ Rivera, 2014 pág. 142)

El mantenimiento preventivo en una maquina o equipo es esencial ya que con ello se puede mantener el equipo en funcionamiento continuo, en el siguiente artículo los autores plantean una metodología diferente a la común, ellos afirman que en un mantenimiento común solo se enfocan en lo general y a veces se cambia piezas que ya están muy desgastadas y se deja las que están todavía operativas, esto genera que en ocasiones estas piezas gastadas al interactuar con las nuevas se deterioran más rápido generando una falla imprevista, el objetivo del presente trabajo es la de implementar un mantenimiento pro subconjuntos en una máquina y así poder analizar a detalle los repuestos y su interacción con el funcionamiento, con lo cual se puede evitar fallas colaterales , con esta nueva metodología se logró mejorar el tiempo medio entre fallas y así aumentar la disponibilidad de los equipos o maquinas. (Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo, 2014 págs. 23-27)

También cabe mencionar que el mantenimiento es importante que se le realice a los equipos ya que de esta manera se podrá evitar cualquier falla, en su artículo los autores Mauricio Olguín y otros plantearon como objetivo los factores óptimos para la separación de una situación y encaje de un deterioro modelo en rodamiento usando cadenas y coeficientes, mencionaron que el mantenimiento preventivo es una conformidad para la gestión de operativos que tiende a incrementar la ejecución a través de la supervisión de repeticiones con periodos crecientes, al no presentar defectos esto conduce a incrementar en las

posibilidades de que presenten fallos justo en la participación reiterada y error del ser humano, la búsqueda predictiva plantea estrategias para optar por el mantenimiento real, realizar y coordinar el riesgo en los equipos. Se concluye que para reconocer cualquier tipo de fallas en los rodamientos usando los coeficientes, se desarrolló un método de automatización ya que los rodamientos presentaron fallas internas, externas y en el elemento rodante. (Optimal state selection and tuning parameters for a degradation model in bearings using Mel-Frequency Cepstral Coefficients and Hidden Markov Chains, 2016 págs. p570-580. 11p)

Procesos de mantenimiento

El proceso de mantenimiento involucra realizar una secuencia de procedimientos adecuados para cada componente, repuesto de un equipo, las cuales interactúan unas a otras buscando al final obtener un producto o servicio que cumpla con las expectativas de los clientes y con ello aumentar la vida útil de los equipos. Como lo menciona el autor Pérez Fernández, que el proceso es una serie de acciones que se relacionan mutuamente, las cuales, interactúan unas a otras logrando generar un producto desde la entrada hasta la salida. (PÉREZ Fernandez de Velasco, 2010 pág. 51)

Diagrama del proceso

El diagrama de procesos representa a todas las actividades que se realizan continuamente, para la realización de un proceso de mantenimiento establecido ya anteriormente, para este diagrama se llevara a cabo mediante símbolos de acuerdo al tipo y naturaleza de trabajo estas son: tiempo requerido, distancia de recorrido, inspección, demoras y almacenamiento, las cuales se representan en un plano con un inicio y un final.

Según Brenda Retama y Aguilar Solís el diagrama de proceso son un grupo de actividades mediante una representación gráfica que se enfoca a un proceso industrial o administrativo, las cuales se utilizan para realizar estudios continuos de procesos de trabajo. (RETANA blanco, y otros, 2013 pág. 8)

Diagrama de operación de procesos

El diagrama de operación de procesos son todos los procedimientos y operaciones que realizan en el mantenimiento, donde se detalla cronológicamente todas las actividades desde su inicio hasta su final.

Al respecto Brenda Retama y Aguilar Solís nos menciona que el diagrama de operaciones de procesos representa a todo el proceso en un orden secuencial, donde se llevan a cabo todas las inspecciones que se realizan en un trabajo, la cual se menciona la materia prima, sub ensambles para la realización de un producto. (RETANA blanco, y otros, 2013 pág. 9).

Disponibilidad

La disponibilidad se define como la medida en que está disponible la maquina o equipo para realizar el trabajo programado, involucrando la confiabilidad y mantenibilidad para poder determinar la ratio de disponibilidad.

Para Carles Riba la disponibilidad está basado íntegramente en la fiabilidad y mantenibilidad y se define como la capacidad de un producto o equipo para poder realizar las funciones definidas en el momento y tiempo indefinido. (RIBA Romeva, 2002 pág. 199)

Para el cálculo de la disponibilidad se utilizará la siguiente fórmula: (TAVARES, 1999)

$$DIS = \frac{\sum(HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} X 100$$

Se puede interpretar la fórmula de siguiente manera:

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} X 100$$

En el artículo los autores Olasunkanmi, Og y otros, el objetivo que determinaron fue el de llevar a cabo el estudio para evaluar la disponibilidad y confiabilidad de una plata eléctrica en el lapso de enero a diciembre del 2015, las dificultades se presentaron en periodos, tipos y frecuencia, la confiabilidad se define mediante la recolección de datos y la clase de falla afrontados por cada unidad generadora, estas unidades se calculan por mes mediante un año y la disponibilidad promedio de cada generados fueron 0.97.1; 0.9726; 0.9767; 0.9707 y el índice de confiabilidad fue de 0.9860; 0.9880; 0.9854; 0.9840. Se concluye que para mejorar la confiabilidad y el valor disponibilidad de los generadores, estos deben integrarse en el diseño de la planta. (Reliability Assessment of a Gas Generating Station in Ogun State, Nigeria, 2018 págs. p1005-1008. 4p.)

Mantenibilidad

La mantenibilidad se define como la expectativa de poder realizar un trabajo de mantenimiento en el menor tiempo posible, logrando que el equipo cumpla con el funcionamiento requerido y así poder evitar paros innecesarios en los siguientes procesos, estos se ejecutarán siguiendo todos los procedimientos de mantenimiento establecidos.

Para el autor Antonio Creus la mantenibilidad la define como una serie de probabilidades de que una maquina o equipo sea reparado dentro de los tiempos establecidos y así cumplir con el trabajo de reparación de acuerdo a los procedimientos definidos. (CREUS Solé, 1991 pág. 128).

El cálculo de la mantenibilidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{horastotalesdereparación}}{\text{número de fallas}}$$

MTTR Tiempo medio para restaurar

El MTTR representa al tiempo que transcurre desde que un equipo esta inoperativo hasta que sea reparado y realice su operacion, en otras palabras, el tiempo total que se usa para reparar la máquina. Y este es un indicador de la mantenibilidad.

Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a la obtención de buenos resultados, en la confiabilidad se espera que los resultados obtenidos en una máquina sean lo mismo en otras maquinas de las mismas características y si los resultados son favorables se dice que tiene una alta confiabilidad.

Al respecto menciona el autor Javier Gonzáles “La fiabilidad se define como la probabilidad, durante un periodo de tiempo específico, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin avería “

(GONZÁLES fernández, 2005 pág. 575)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones en el periodo}}{\text{Número de fallas totales}}$$

MTBF Tiempo medio entre fallas

Representa al tiempo promedio en que un máquina o equipo funciona sin tener ninguna interrupción en el trabajo, y es un indicador de la confiabilidad .

La confiabilidad es un factor muy importante en la cual, determina que tan confiable funcionará un equipo en el tiempo con lo cual dependiendo al índice que se obtenga se incrementará o disminuirá la disponibilidad, por ende es necesario contar con un mantenimiento con alta confiabilidad es esencial, al respecto de este tema los autores Armando días, Leisis Villar y otros en su artículo tiene como objetivo principal la creación de una nueva herramienta, el cual será de tipo encuesta la cual será realizada para una empresa eléctrica, el cual sea viable la ejecución de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para este tipo de análisis tipo encuesta se tomaron como parámetros de evaluación los criterios de muchos especialistas, estas encuestas realizadas se consideró un rango de calificación de: inferior 2.8 muy malo, 2.81 y 3.4 regular. Finalmente se concluyó que al realizar la implementación se obtuvieron como resultado de la confiabilidad de un 92% de su valor. (Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica, 2016).

El tiempo medio entre fallas es el índice fundamental que por intermedio del cual se mide la confiabilidad de los equipos no corregidos o no reparables. Los autores Ying Zhang, Jianye Wang y otros, en su artículo tienen como objetivo en el que el MTBF es un parámetro fundamental para mostrar la seguridad del equipo, esto aporta una técnica para evaluar el MTBF del perímetro integrado asegurado a técnicas anteriores. En relación con el periodo promedio de error se evalúa su promedio de falla, por último se concluyó la fiabilidad de la técnica adquirida. (Calculating method of MTBF for integrated circuit, 2018 págs. 2-8) también en su artículo los autores Wank Mansor y otros el objetivo que plantearon se centró en realizar un análisis de mejoras económicas utilizando varios factores en una planta de redundancia de una cogeneración, para esto se realizó un estudio en la que permitió identificar la cantidad de fallas y el tiempo inoperativo vinculado, empleando la confiabilidad y el punto de vista de la disponibilidad. Se concluyó que al realizar este estudio es muy importante porque investiga varios puntos de redundancia para este sistema, eligiendo la mejor opción que incida en el valor mínimo, asimismo se mejoró un sistema de costo centrado en la fiabilidad haciendo uso de la definición de confiabilidad y disponibilidad. (Reliability based Redundancy Assessment of a Cogeneration Plant, 2019). Por otro lado en el artículo los autores Ding Zhang y otros describen como objetivo la valorización de la fiabilidad y el grado de interés de elementos para métodos de fabricación centrado en pérdidas por fallos, en la que se utiliza para este grado de interés un análisis de

equipos, asimismo indica el momento actual de fiabilidad del método y la manera del esfuerzo de la mejora de la fiabilidad, de igual forma hay que tener en cuenta el tiempo real de los equipos de procesamiento en la que conlleva al suceso del fallo, para evaluar el fallo se utilizó, tiempo y pérdidas, estos se utilizaron para calcular la confiabilidad, métodos para evaluar los tipos de pérdidas por fallas. Se concluyó que para una eficiente estimación del sistema de equipos se planteó un método en procesos por fallos. Los tiempos y pérdidas de falla se utilizaron para calcular la fiabilidad del sistema, asimismo el intercambio ciertamente junto a los sistemas configurados, técnicas de mantenimiento, confiabilidad del equipo y plan de producción. (Reliability evaluation and component importance measure for manufacturing systems based on failure losses, 2017 págs. p1859-1869. 11p) También en este artículo los autores Zhang Yingjie y otros el objetivo que plantearon fue el de proponer una perspectiva para solucionar el conflicto de configuración óptima de un método mecánico por análisis de fiabilidad. Existen varios tipos de bosquejos con diferentes tipos de equipo para fabricar la misma pieza, sin embargo, existe una desigualdad en el periodo de vida del equipo y la confiabilidad, lo que los autores plantearon una nueva perspectiva para realizar el cálculo de su confiabilidad para estimar el periodo de vida del equipo, en un sistema mecánico el tiempo total que se utiliza en cada equipo implica el tiempo de corte y transcurrido, el cual consiste en tiempo de retraso, tiempo detenido impuesto, tiempo de configuración. En el tiempo de corte es donde ocurren las pérdidas. Se concluye que para estas pérdidas se realizó un estudio centrado en la media. La tasa de pérdidas de la confiabilidad de un equipo, tiempo entre fallas MTBF, se realizó el cálculo mediante su tiempo mecánico real, asimismo, el periodo de fallas de cada equipo en estos sistemas, se podría lograr a través del MTBF. De esta manera, el costo del periodo de vida del sistema mecánico se puede definir con exactitud. (Reliability analysis of machining systems by considering system cost, 2015 págs. p836-843. 8p. 3). También los autores Jing-QinWang y otros en su artículo el objetivo que plantearon se centró que mediante la técnica del Bayesiano se analice la confiabilidad de los equipos de bajo voltaje, la técnica de fusión de información la propusieron con la finalidad de lograr la información anticipada del equipo de conmutación así mismo realizar el análisis de confiabilidad, los datos adquiridos se seleccionaron y organizaron desde un fabricante, también se realizó el análisis de afinidad y fiabilidad, después de realizar las pruebas de varios métodos se evaluó el MTBF, los resultados que se obtuvieron arrojaron una mejora de la tensión, tiempo experimental, sistema de cambios y evaluación de probabilidad. Se concluye que al realizar el análisis de

varios métodos como la técnica bayesiana se mejora la confiabilidad de bajo voltaje. (A Maximum Entropy Multisource Information Fusion Method to Evaluate the MTBF of Low-Voltage Switchgear, 2018 págs. p1-7. 7p)

Finalmente mantenimiento Preventivo sistemático o mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es un tema muy importante en el ámbito de mantenimiento, pues de ella depende que tan probable es que una máquina esté operativa en un tiempo antes de que se produzca una falla, el siguiente artículo los autores nos presentan el resultado de una aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad realizadas a tres empresas distintas obteniendo un tipo de mantenimiento para cada caso en partículas, de esta manera pudieron reducir los tiempo y actividades de mantenimiento esto claro sin afectar la disponibilidad de los equipo, esta metodología implementada pudo sentar la bases para la realización de un programa de mantenimiento autónomo asistido por ordenador. Finalmente llegan a la conclusión de que este método del RCM es la más adecuada para incrementar a la disponibilidad de los equipos y disminuir la carga de mantenimiento. (Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado, 2014 págs. 347-354)

Falla

La falla es una causa por la cual un equipo o máquina deja de funcionar, y puede ser falla mecánica o eléctrica.

Para el autor Moubray “Se define falla como a la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga” (MOUBRAY, 2004 pág. 433).

Los autores indican en su artículo, que las fallas que presenta el equipo son tan críticas el cual puede originar una impresión en la eficiencia, el objetivo de este estudio es enfocarse en revisar las fallas críticas y su impacto que perjudica las tareas de producción. Se concluyó que, al optimizar el proceso de demora de fallos, se efectuó una corrección de modo específica y efectiva, así mismo se llevó a cabo un mapa conceptual, también se realizó estudios de datos estadísticos entre causas y defectos críticos que se presentaron a causa de la deficiencia en el sistema de la producción y planificación, de igual forma se propuso el modelo de fábrica y sistema de control ingenioso que permitirá detectar cualquier problema de fabricación, fallas y control de tiempos de manera real. (Analyzing Critical Failures in a Production Process: Is Industrial IoT the Solution?, 2018 págs. 1-12) así mismo en este artículo los autores Feras. A y otros el objetivo que plantearon fue el de desarrollar modelos de programas centrado en inteligencia artificial, ya que en la actualidad una multitud de

análisis de información está perjudicando en todo el dominio a las empresas, afectando la preparación de gestión en muchas industrias, para esto han adoptado por el desarrollo inteligente en más de una fase en el proceso de desarrollo de programa. Se concluye que para pronosticar fallas de programa se realizó un método que establece en los siguientes sprints ágiles, esto se obtiene mediante la utilización del Tiempo medio entre fallos MTBF el cual se utiliza constantemente para programa y el modelo de regresión análisis para considerar en qué lugar y que tipos, la fallas que probablemente ocurran es en el sistema del software. (Predicting failures in agile software development through data analytics, 2015 págs. p49-66. 18p.). por otro lado, los autores Iwona Paprock y otros en su artículo plantearon como objetivo que al obtener la información del tiempo de operación de los equipos sin fallas facilita de antemano a los consumidores planificar el mantenimiento preventivo con la finalidad de que el recargo que se realice a los equipos se dé en la misma zona. Se concluye que al realizar varios métodos de programación de las operaciones interrumpidas se logró un impacto mínimo en la firmeza y seguridad de un programa así mismo se basó en las reglas de prioridad para la programación predictiva de manera que facilitara planificar el mantenimiento a los equipos. (A hybrid multi-objective immune algorithm for predictive and reactive scheduling, 2016 págs. p165-182. 18p.)

Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades que se realizan para mantener el equipo en óptimas condiciones durante el tiempo de funcionamiento requerido, existen diferentes tipos de mantenimiento entre ellos tenemos: mantenimiento preventivo, correctivo y preventivo, el objetivo común de estos tipos de mantenimiento es incrementa el tiempo de vida de los equipos para así poder contar con una mayor disponibilidad de los equipos.

Según el autor Felix, existen muchas formas para definir el mantenimiento y va depender en general del enfoque en el caso que se le aplique. Hasta en estos días resulta complicado definir el mantenimiento, pero sencillamente se define que el punto de inicio, es mantener los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento y puede ampliarse dependiendo del lugar y el tiempo. (GÓMEZ de León, 1998 pág. 21)

Para la optimización del mantenimiento es necesario realizar un buen mantenimiento y que todos los procedimientos sean utilizados con mucha eficiencia para reducir las fallas. Según el artículo menciona que en las centrales eléctricas presentan pérdidas en la producción a causa de las fallas, tareas de mantenimiento, retraso en los tiempos de entrega de materiales,

el principal problema son las fallas inesperadas que presenta el cual podría generar faltas significativas en la generación de energía, para lo cual el objetivo fue que utilizó técnicas de simulación de eventos para estudiar el efecto de la recreación y mantenimiento como parte de la planificación en relación a la disponibilidad y el tiempo de mantenimiento de la planta. En conclusión luego de realizar el estudio inicial propuso la optimización mejorada de distintas habilidades de desempeño específica con respecto a la disponibilidad y el tiempo de mantenimiento. (Maintenance Optimization: Application of Remanufacturing and Repair Strategies, 2018 págs. 1-6)

De otro modo en su artículo los autores tienen como objetivo equilibrar el alto costo de mantenimiento de los equipos, para lo cual los profesionales encargados de estos equipos optaron por el mantenimiento preventivo, pese a que, es viable que este no produzca los resultados esperados, esto se da en especial cuando las maquinas operan de distintas maneras. Se concluyó que para la evaluación se calcularon los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad para cada mes durante los períodos de cosecha de tres años, obteniendo un porcentaje alto de disponibilidad en el mes de junio y más bajo en diciembre, los resultados negativos los llevaron a plantear una nueva habilidad de mantenimiento basada en condiciones, resultando una mejora en los indicadores, disminuyeron las fallas y la mantenibilidad, se incrementó la confiabilidad y la disponibilidad, de esta manera, este método se utilizara en equipos a futuro. (Assessment of the impact of preventive maintenance strategy on reliability indicators of a rice combine harvester in the Gambia, 2019 págs. 82-89). La gestión de mantenimiento en todas las industrial es esencial ya que contando con un buen sistema de gestión se podrá garantizar una mayor eficiencia en el área de mantenimiento, pero hasta hoy en día no está del todo definido qué modelo de gestión de mantenimiento se puede usar ya que en el mercado se puede encontrar innumerables modelos de gestión dependiendo el tema o la industria que se trate en el artículo de Luis Amendola, el formular cuáles son las actividades más importantes que se debería tratar, para ello tomaron como datos a expertos los cuales fueron encuestados con una serie de preguntas y respuestas en total fueron 96 personas de diferentes países con una experiencia mínima en el área de mantenimiento de 5 años, el método que se usó para poder obtener datos confiables fueron: en primer lugar se identifico los factores clave de la gestión de mantenimiento en la práctica , en segundo lugar se evaluó la importancia de los factores clave para la mejora de la gestión de mantenimiento, y en tercer lugar se realizó una correcta clasificación de los encuestados de acuerdo a su desempeño y su nivel con

la gestión de mantenimiento. después de los análisis y las encuestas realizadas se pudo identificar cuáles son las actividades clave que cada trabajador siempre tiende a desarrollar en la industria estas actividades similares y correlacionales y se pueden presentar en resumen en tres factores los cuales son: Eficiencia de la mano de obra del trabajador, la gestión de proyectos , la optimización del uso y rendimiento de los activos, se concluye que estos factores encontrados podrían servir de información para los empresario o jefes de mantenimiento para que así puedan establecer actividades tomando en cuantas estos factores esenciales que determinarán un rumbo para que el trabajo sea lo más adecuado posible y poder mejorar la gestión de mantenimiento en cualquier industria. (Análisis de los factores clave para mejorar la gestión del mantenimiento en la industria de oil&gas en América Latina , 2017 págs. p. 566–571)

El mantenimiento también está involucrado en la producción ya que de esta depende que la máquina no falle y se genera una producción continua al respecto, los autores Cazañas , Estrella y Martínez en su artículo se propone la realización de un procedimiento donde podrán integrar los procesos de producción con los de mantenimiento, para ello utilizarán estrategias y análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad, básicamente el trabajo consiste en la identificación de los puntos críticos que añaden valor a la producción los cuales serán analizados, para luego crear estrategias de mantenimiento adecuado para cada caso y así poder incrementar la productividad, finalmente realizan la aplicación parcialmente de estos procedimiento en una empresa de plásticos donde pueden definir la estrategias de mantenimiento más adecuadas. (Procedimiento para la planeación integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico, 2019 págs. 49-58)

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo son actividades que se realizan sin programación cuando el equipo presenta una falla o avería, generando que se produzca una deficiencia en el tiempo y vida de una máquina o equipo. Como lo menciona el siguiente autor:

Marisol Tabuyo define al mantenimiento preventivo como un conjunto de procedimientos que se llevan a cabo cuando ya se produjo una falla en la máquina o equipo, en una parte o en el equipo completo, menciona dos tipos de mantenimiento correctivo: avería y mantenimiento correctivo programado. (TABUYO Pizarro, 2015 pág. 34).

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predicho es un tipo de mantenimiento que se basa en el análisis y observación de posibles fallas en el momento de funcionamiento para proponer su corrección inmediata, busca en lo posible realizar reparación sin afectar el funcionamiento de la máquina, enfocándose en incrementar la vida útil y la disponibilidad del equipo.

Según el ingeniero Carlos menciona que el mantenimiento predictivo busca anticipar a una posible falla por medio de inspecciones, seguimientos para poder predecir cualquier avería que puede afectar al equipo. (CALLONI, 2004 pág. 20)

Mantenimiento productivo total (TPM)

El mantenimiento productivo total es una filosofía enfocada en disminuir los tiempos muertos en producción, para esto busca que tanto el área de mantenimiento como el personal estén comprometidos y capacitados para así poder cumplir con los trabajos de mantenimiento requeridos, buscando principalmente la producción de productos de alta calidad sin tiempos muertos en producción.

según el autor Francisco el mantenimiento productivo total, la cual se presenta como una nueva filosofía que se integra en lo general a la producción, buscando reducir los costos en la producción, enfocándose principalmente en obtener la máxima eficiencia tanto en la maquina como en el hombre. (REY Sacristán, 2001 pág. 17). También en su artículo los autores Jagdeep Singh y otros plantearon como objetivo que para obtener una mejora en un proceso se realizó mediante una perspectiva de gestión Kaizen el cual se aplica estrategias a procesos de fabricación con la finalidad de mejorar el rendimiento de los procedimientos de elaboración a través de modificaciones de crecimiento. Se concluye que como resultados se obtuvo el incremento de la confiabilidad Tiempo medio entre fallos de los equipos de producción mediante el sistema de gestión Kaizen. (Evaluation of Kaizen Technique Across Manufacturing Unit—A Case Study, 2016 págs. p102-111, 10p)

También podemos decir que mantenimiento productivo total TPM en una filosofía que se aplica una vez implantado con anterioridad un programa de mantenimiento, generalmente lo que busca es el mantenimiento participativo el cual involucra a toda la empresa, el siguiente artículo los autores Fonseca Junior , Ubiratan Holanda y otros presentan la implementación de un mantenimiento basado en la metodología TPM, el objetivo del artículo es la elaborar un procedimiento de mantenimiento fiable , para lo cual se realizan

las actividades de medición y control de los parámetros , con lo cual llevando un adecuado control se puede anticipar a las fallas y así poder reducir las paradas imprevista, anticipándose a las fallas, se puede programar un mantenimiento en dos partes, la primera aplicar un mantenimiento predictivo, y la segunda aplicando un programa de mantenimiento enfocado en lo productivo. Finalmente nos presentan los resultados obtenidos después de la implementación, los cuales incrementan el tiempo medio entre fallas (MTBF), y se reduce el tiempo de reparación (MTTR), con estos resultados lograrán mejorar la eficiencia en las plantas termoeléctricas. (Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas, 2015 págs. 139-149)

Si bien es cierto que la aplicación de los mantenimientos es esencial en toda industria, pero debemos tener en cuenta que sin contar con una buena gestión de mantenimiento este no funcionaría adecuadamente, por lo tanto la gestión de mantenimiento es un factor muy importante en los temas de mantenimiento, como se puede observar el artículo de los autores Michael Herrera y Yoenia Duany donde nos mencionan que en una planta de productos naturales se cuenta con un programa de mantenimiento, pero este es inadecuado pues se están generando muchos órdenes de trabajos correctivos, el cual es un indicador de que no se está cumpliendo con los procedimientos establecidos y mucho menos con la programación definida, por tal motivo el objetivo de su artículo es la implementación de un tipo de mantenimiento en el cual los procedimientos y procesos serán monitoreados por computadora a través de un software de mantenimiento, basado en el método de Kant. Finalmente llegan a la conclusión de que para realizar un buen programa de mantenimiento se tiene que contar con un buen sistema de gestión de actividades y que sobre todo se necesita el compromiso de todos los involucrados en estos procesos de mantenimiento. (Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento, 2016 pág. 15)

Estudio de trabajo

El estudio de trabajo representa a todas las técnicas que se llevan a cabo para la examinación de un puesto de trabajo mas conocido como el estudio de métodos, en ella se incluyen la determinación de la eficiencia, conocimiento, destreza, habilidades, las cuales son necesarias para realizar un trabajo requerido.

Según Rubén Huertas García, Rosa Domínguez Galcerán el estudio de trabajo se define como una prueba sistemática realizada a los métodos, con el fin de buscar una mejor

utilización de los recursos con las cuales se podrá establecer normas de mayor beneficio a las actividades que se realizan. (HUERTAS García, y otros, 2015 pág. 140).

Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es el método que se utiliza para medir el tiempo estimado por un trabajador altamente capacitado, quien trabajando a una medida estándar de competencia desarrolla un trabajo de acuerdo a un procedimiento detallado. Además el estudio de tiempos por lo general en la práctica se realiza en base a estudio de métodos, donde los especialistas observan los métodos durante el tiempo en que se lleva a cabo, buscando oportunidades de mejora.

El autor Fred E. Meyers define al estudio de tiempos como un procedimiento de definir el tiempo que un trabajador especializado y calificado necesita para trabajar a un ritmo natural para llevar a cabo una actividad establecida. Existen varios tipos de cronómetros: continuo, digital, con retroceso a cero, computadora, tres relojes, unidad medida de tiempo; todos los relojes se leen en minutos decimales excepto el de unidad medida de tiempo que se lee en horas decimales. (MEYERS, 2006 pág. 70) .

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo también se le conoce como organigrama, es un diagrama que puntualiza un proceso comunicativo y una presentación gráfica que muestra la continuidad de los procedimientos que se llevan a cabo, para así lograr la solución de una dificultad; además estos diagramas permiten la comunicación entre los usuarios, así mismo desempeñan un papel muy importante tanto en los procedimientos de una dificultad como en facilitar el entendimiento de las dificultades complejas.

Según los autores Luz Amparo Palacios, Heberto Tapias y Carlos Saldarriaga definen al diagrama de flujo como el documento fundamental en el esquema de un proceso, así mismo indican la disponibilidad del equipo escogido para activarlo, señalan el enlace de corrientes, tasas de flujo, situaciones de procedimientos y composiciones, de igual modo señala que el diagrama de flujo forma un sistema gráfico del proceso y tiene como finalidad usarlo de apoyo para la estructura del equipo, tuberías, herramientas, se usará manuales de procedimientos y capacitaciones a los trabajadores, entre tanto al inicio y a continuación del trabajo, se proporciona un sustento para relacionar la eficiente de trabajo con el diseño. (PALACIO Santos, y otros, 2005 pág. 9).

Aire acondicionado

Según el autor Jorge Serrano define al aire acondicionado, como al aire que es sometido a un calentamiento, enfriamiento y des humidificación, en la cual se eliminan todos los contaminantes no deseados, suministrando al ambiente un aire uniforme y adecuado. (SERRANO, 2013).

En el trabajo de investigación se define al aire acondicionado, como el procedimiento en el cual por medio de un equipo de aire acondicionado se controla la temperatura y la humedad de un ambiente determinado para crear una zona de confort para el usuario.

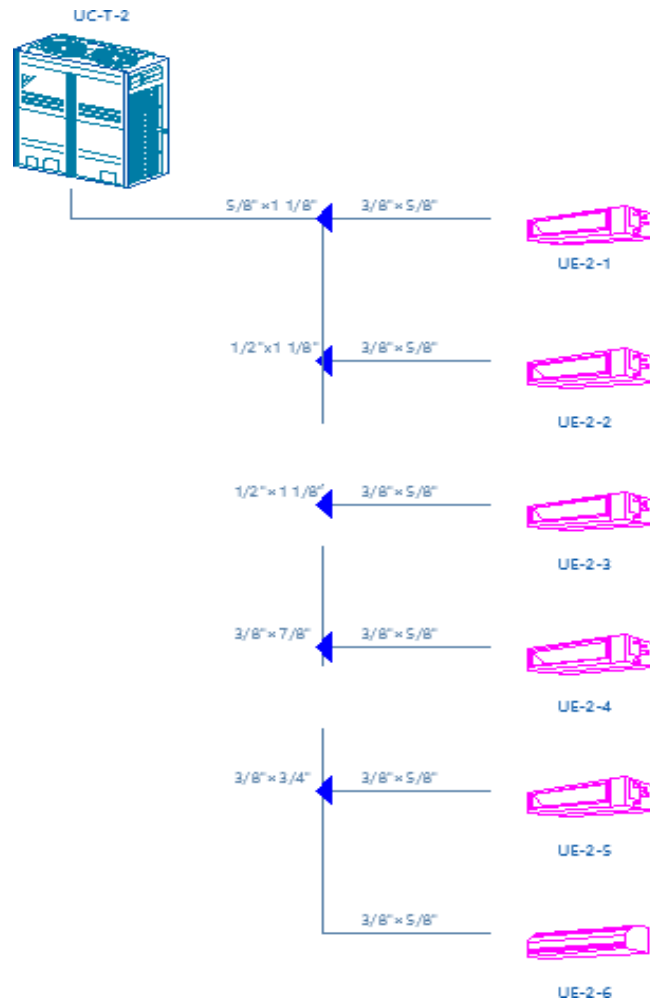
Equipos de Volumen de refrigerante variable (VRV)

Los equipos de volumen de refrigerante variable son sistemas los cuales regulan el volumen del refrigerante conforme a las necesidades de cada espacio o ambiente, estos cuentan con una unidad condensadora ubicada en el exterior y unidades evaporadoras ubicadas en el interior del edificio, en el cual se distribuye gas refrigerante por tuberías de cobre que llegan a las unidades interiores, las cuales se encargan de utilizarlo para calentar o enfriar los diferentes espacios.

El autor José define al equipo de volumen de refrigerante variable, como los equipos de expansión directa para áreas divididas, en la que la unidad externa necesita de mucho espacio en relación a la unidad interior. La unidad exterior puede suministrar a varias unidades interiores que varían entre 2 a 32 unidades. Estos equipos pueden regular el caudal del refrigerante y por esta razón pueden ofrecer la potencia en frío o calor, pudiendo observar la temperatura de forma independiente de cada zona a ambientar. (MAESTRE, 2015 pág. 318).

Para este trabajo de investigación los artículos, referencias son muy importantes ya que permiten conocer cada una de las variables, facilitando información fundamental por el cual se puedan definir las teorías de la metodología de cada una de las variables.

Gráfico 3 Equipo Volumen de refrigerante variable (VRV)



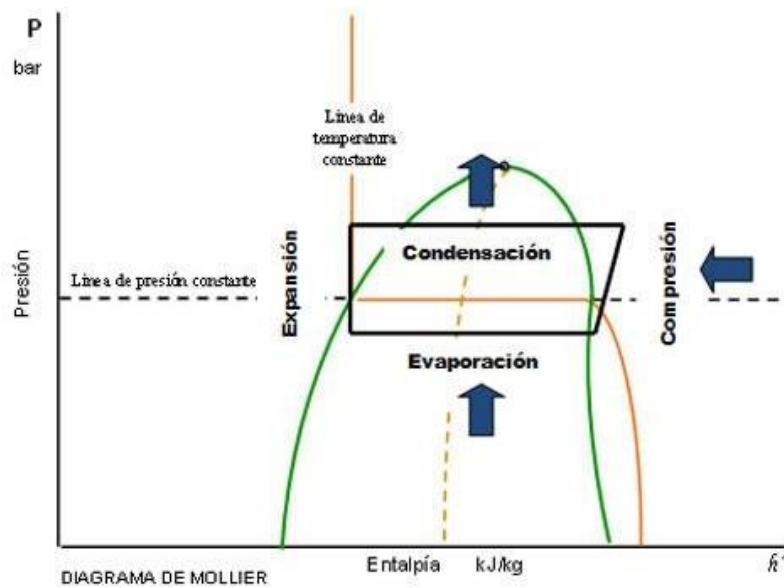
Fuente: Propia

Ciclo de refrigeración

En ciclo de refrigeración se define como aquel proceso donde el refrigerante inicia en un estado o fase y al finalizar el proceso termina en el mismo estado que inicio, en este proceso el refrigerante pasa por cuatro etapas principales las cuales son : Compresión, Condensación, expansión , y evaporación. Con este proceso se logra extraer la temperatura de un ambiente deseado.

Procederemos a explicar las cuatro etapas principales del ciclo de refrigeración, las cuales se aplican tanto para el funcionamiento del aire acondicionado, para lo cual presentaremos el siguiente gráfico.

Gráfico 4 Ciclo de refrigeración



Fuente: <https://www.caloryfrio.com>

Compresor

En esta etapa de compresión en gas refrigerante es comprimido por el compresor, para así iniciar con el ciclo de refrigeración, este gas al ser comprimido aumenta su temperatura pasando de gas a gas sobrecalentado.

Condensación

En esta etapa el gas sobrecalentado ingresa al condensador donde es enfriado por un ventilador o por efectos del aire llega a condensarse de refrigerante en líquido. En otras palabras es un intercambiador de calor donde el gas sobrecalentado cede el calor al aire condensándose en líquido.

Expansión

En el proceso de expansión se produce una caída de presión en el sistema, en la cual el líquido refrigerante es sometido a atravesar el circuito por un orificio reducido produciéndose una caída de presión y por ende un aumento de velocidad del refrigerante.

Evaporación

La evaporación es la última etapa del ciclo de refrigeración, en este proceso el evaporador se comporta como un intercambiador de calor en la cual el refrigerante busca convertirse en líquido para ello absorbe el calor de la tubería y del ambiente que lo rodea.

Humedad relativa

La humedad relativa es un tema muy importante en el tema de aire acondicionado, en la zona de confort se establece que la humedad debe estar en un 70% para que las personas no experimenten sequedad ni mucha humedad que a la larga se producirá hongos en los alrededores del ambiente controlado .

Para el autor Victorino Santiago “La humedad relativa debe estar entre el 30% y el 70%, considerándose como valor óptimo en verano como en invierno el 50% de humedad relativa” (SANTIAGO Diaz, y otros, 2005)

Zona de confort

Zona de confort es el lugar donde la persona humana se siente relajada y conforme con la temperatura, ni tan frío ni tan caliente según algunos técnicos la temperatura confort varía de entre los 21°C a los 26°C.

Para el autor Ernest Tricomi nos menciona, que si bien es cierto que la temperatura interior de la persona se mantenga en los 37°C, No afirma que la persona se sienta confortable, pero si existe una zona de confort que varía entre un rango superior o inferior de los 21°C, fuera de este rango las personas sienten mucho frío o mucho calor. (TRICOMI, 1986).

Eficiencia de Órdenes de Trabajo

La eficiencia de órdenes de trabajo nos permite apreciar que tan asertivo estamos siendo al cumplir las órdenes de trabajo que se programaron, si se están cumpliendo los tiempos que se destinaron para cada labor.

$$E_{\text{ot}} = 1 - \frac{\text{Horas hombre reales} - \text{Horas hombre teórica}}{\text{Horas hombre teóricas}}$$

Como nos menciona el autor Pistarrelli “[...] Permite evaluar el adecuado uso de recursos y, por otro lado, ver si es correcto el tiempo previsto para cada uno de los trabajos” (PISTARRELLI, 2010 pág. 969).

Índice de Mantenimiento programado

Es la representación del porcentaje de horas que se usaron para la realización de un trabajo de mantenimiento programado sobre las horas totales que se necesitaron.

Cuya formula de cálculo es:

$$IPM = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Fuente: García Carrido

Según el autor Carcía, representa a la programación anticipada cuando se va iniciar o teminar una labor, es la representación de los trabajos pendientes, su cálculo se obtiene de la relación de las horas de trabajo que se programaron entre el tiempo total del mantenimiento. (GARCÍA, 2012 pág. 170).

Check list de revisión del trabajo

Según el autor Falcó el check list es un cuestionario de preguntas que servira para verificar el funcionamiento de equipos ya establecidos, con el fin que este análisis seá usado en un proceso posterior .

Se entiende por lista de chequeo (checks – list) a un listado de preguntas, en forma de cuestionario que sirve para verificar el grado de funcionamiento de determinadas máquinas y equipos establecidos a priori con un fin determinado que luego se utilizarán para el análisis posterior (Falcó, 2009, p. 27).

A continuación se presentará los problemas generales y específicos.

Problema general

- ¿De qué manera la mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate 2019?

Problema específico

- ¿En qué medida la mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019?
- ¿Cómo la mejora del proceso de mantenimiento preventivo disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019?

Justificación del estudio

Justificación metodológica

El presente trabajo se justifica en lo metodológico ya que se tomará para la investigación un problema real, donde se obtendrá cuadros y datos reales, se mejorará los procedimientos utilizando herramientas de mantenimiento que servirá posteriormente para ser utilizados en futuros trabajos de investigación. Toda esta investigación se llevará a cabo utilizando el método de investigación científica.

Justificación teórica

Se justifica en lo teórico este trabajo, porque se propondrá nuevos métodos y procedimientos de mantenimiento con lo cual se buscar el incremento en la disponibilidad de los equipos, y con eso se demostrará que al realizar una mejora en los procesos de mantenimiento se incrementará tanto de disponibilidad como la confiabilidad.

Justificación práctica

Se justifica en lo práctico este trabajo de investigación, porque para resolver un problema se tomará datos y conocimientos adquiridos en el tiempo tanto de los antecedentes de equipos, procedimientos, manuales y herramientas, con lo cual se buscará dejar procesos altamente tecnificados. Para ello se contará con técnicos e ingenieros capacitados.

Hipótesis

Hipótesis General

- La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Hipótesis Específico

- La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.
- La mejora del proceso de mantenimiento preventivo disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Objetivos

Objetivo General

- Mejorar el proceso de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Objetivos Específicos

- Mejorar el proceso de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.
- Mejorar el proceso de mantenimiento preventivo para disminuir la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

Según el trabajo a realizar es una investigación de tipo cuantitativa, porque en este trabajo se obtendrán datos con los cuales se podrá calcular tanto la eficiencia como la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado.

Según Valderrama en lo cuantitativo predomina la búsqueda de datos de los que son los objetivos generales de investigación y dado que estos fenómenos casi siempre o pueden ser del tipo de investigación cuantitativo (VALDERRAMA Mendoza, 2015 pág. 51).

Diseño de investigación

La propuesta para el trabajo de investigación es de diseño cuasi experimental, porque en este trabajo se ejercerá poco control sobre las variables, se obtendrá un antes y un después en los resultados ya que se tienen grupos de control establecidos.

Para MALHOTRA lo define bajo lo siguiente: el investigador puede examinar en el tiempo en que se toman las medidas y en el cual se toman, así mismo el investigador no tiene dominio acerca de la programación y de igual forma es inexperto de manifestar el proceso a las unidades de verificación de manera aleatorio, los diseños cuasi experimentales son importantes ya que pueden ser utilizados en el momento en que no se puede disponer de las pruebas correctas, tienen mayor rapidez y sus costos son menores, el investigador debe analizar las variables específicas que no se encuentran examinadas. (MALHOTRA, 2004 pág. 217).

Tipo de alcance

Para este trabajo de investigación el tipo de alcance será transversal, porque el trabajo se desarrollará en un momento y tiempo definido, enfocándose en la descripción y la operacionalización de variables.

Según el autor Sampiere estos diseños están dirigidos al análisis transversal y se enfoca en la búsqueda de los datos en un mismo instante y en un solo tiempo, se basa generalmente en la descripción de las distintas variables que se llegan a analizar y la relación que existe entre ellos en un momento determinado. (HERNÁNDES Sampieri, y otros, 2010)

2.2 Operacionalización de Variables

Variable independiente

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo representa una serie de actividades, en la cual se busca incrementar el tiempo de funcionamiento de los equipos, estas actividades están programadas en el tiempo y se busca aumentar la vida útil de los equipos.

Dimensiones de la variable independiente

Eficiencia de Órdenes de trabajo

La eficiencia de órdenes de trabajo proporcionara un indicador del cumplimiento de las órdenes de trabajo que se realizan y los que no se realizan, arrojando 100 % ante el cumplimiento de todas las órdenes de trabajo y un cero por ciento ante el incumplimiento de las órdenes de trabajo.

Para el cálculo de la eficiencia de órdenes de trabajo se utilizará la siguiente formula:

$$Efot=1-\frac{Horashombrrereales-Horashombreteórica}{Horas hambresteóricas}$$

Índice de mantenimiento programado

El índice de mantenimiento programado indicará en qué medida se está cumpliendo el tiempo total del mantenimiento programado versus el tiempo real utilizado para el mantenimiento programado, con este dato se podrá mejorar los tiempos reales del mantenimiento preventivo.

Para el cálculo del índice de mantenimiento programado se utilizará la siguiente formula:

$$IPM = \frac{Horas dedicadas a mantenimiento programado}{Horas totales dedicadas a mantenimiento}$$

Variable dependiente

Disponibilidad

Se define a la disponibilidad, como la medida en que un equipo está disponible en un momento y tiempo determinado, para cumplir con el trabajo requerido.

Dimensiones de la variable dependiente

Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad en que un equipo se encuentre en funcionamiento en el tiempo requerido, sin presentar fallas en el proceso.

Para el cálculo de la confiabilidad se utilizará la fórmula del MTBF que representa un índice de la confiabilidad y es la siguiente:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operaciones en el periodo}}{\textit{Número de fallas totales}}$$

Mantenibilidad

Se define a la mantenibilidad como la medida en que un equipo sea reparado dentro de los tiempos programados de mantenimiento, el cual cumplirá con el trabajo requerido.

Para el cálculo de la mantenibilidad se utilizará la fórmula del MTTR el cual representa un índice de la mantenibilidad.

$$MTTR = \frac{\textit{Horas totales de reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

Matriz de operacionalización

La matriz de operacionalización representa todas las operaciones que se realizará para obtener los índices de las variables.

Gráfico 5 Matriz de operacionalización

		VARIABLE	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	ÍNDICES	FÓRMULAS	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento programado, la cual busca que los equipos se mantengan operativos en el tiempo.	Eficiencia de órdenes de trabajo	de Horas hombre de real	Horas hombre teórica	$= 1 - \frac{E_{fot} \cdot \text{Horas hombre reales} - \text{Horas hombre teórica}}{\text{Horas hombres teóricas}}$ $IPM = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$	RAZÓN
	DISPONIBILIDAD	La disponibilidad se define como la medida en que está disponible la maquina o equipo para realizar el trabajo programado.	Confiabilidad	Tiempo total de operación (TTO)	Número de fallas (# F)	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones en el periodo}}{\text{Número de fallas totales}}$ $MTTR = \frac{\text{Horas totales de reparación}}{\text{Número de fallas}}$	
VARIABLE DEPENDIENTE			Mantenibilidad				

Fuente: Propia

2.3 Población, muestra y muestreo

➤ Población

Se define a la población como el conjunto de elementos al cual se le realizará un estudio, el requisito principal para esta población es que compartan entre ellos una característica en común, se puede encontrar población finita e infinita.

El autor Hernández define a la población como un grupo de unidades que coinciden con algunas características que se buscan estudiar. También se define como un estudio estadístico que se impone pre definidamente basándose a sus propiedades individuales. (HERNÁNDEZ Blázquez, 2001 pág. 127)

➤ Población de la empresa Termo Sistemas S.A.C.

En esta tesis, la variable independiente cuenta con dos dimensiones independientes, para lo cual se tomarán dos poblaciones tanto para la eficiencia de órdenes de trabajo como para el índice de mantenimiento programado, estas dos son de población infinita.

Población:

Eficiencia de órdenes de trabajo

Índice de mantenimiento programado

➤ Muestra

La muestra es la parte más importante que representa a la población el cual comparten una característica en común, esta muestra según sea finita e infinita tendrá formas de cálculos diferentes.

Para el autor Hernández la muestra representa la parte más significativa de la población, y sus características deben tener una relación entre sí. La ciencia cataloga a la muestra como la parte de la población la cual es sometida a unos estudios estadísticos de comparación y su resultado influirá en la población. (HERNÁNDEZ Blázquez, 2001 pág. 127).

Se decidió considerar estos dos factores porque con estos datos se realizará el análisis del antes y después de la mejora, de este modo se podrá determinar si se ha mejorado la disponibilidad de los equipos.

Para efecto de este caso la fórmula que se utilizará está representada por los autores Mark L. Berenson, David M. Levine, Timothy C. Krehbiel, donde la fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

Fuente: Mark L. Berenson, David M. Levine, Timothy C. Krehbiel,

➤ **Selección de la muestra de la Eficiencia de órdenes de trabajo**

Tabla 2 Cálculo de la muestra de eficiencia de órdenes de trabajo

Para realizar este cálculo se tomarán datos de órdenes de trabajo del mes de julio.

Datos para el cálculo de la Muestra		
Ítem	Fecha	Eficiencia de Órdenes de Trabajo
1	3/07/2018	0.36
2	4/07/2018	0.75
3	6/07/2018	0.63
4	8/07/2018	0.75
5	10/07/2018	0.60
6	12/07/2018	0.56
7	13/07/2018	0.68
8	13/07/2018	0.78
9	14/07/2018	0.30
10	16/07/2018	0.57
11	16/07/2018	0.76

Fuente: Propia

A continuación, se calculará la muestra con los datos de la tabla.

Como las órdenes de trabajo son infinitas se utilizará la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

A continuación, se definirán los factores que integran la fórmula para el cálculo de la muestra:

- **n:** Representa a la muestra que será encontrada, el cual representa a la Eficiencia de órdenes de trabajo.

- **Z:** Representa el nivel de confianza que el investigador desea adquirir para determinar el análisis de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, en este caso en particular el nivel de confianza será de 95%, que se representa en la tabla de $Z = 1.96$.
- **σ :** Representa a la desviación estándar de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, el cual se calculará con la siguiente fórmula:
- **e:** Representa el margen de error es de 0.05

Determinando los factores de análisis descriptivo para el cálculo.

Tabla 3 Análisis descriptivo de la eficiencia de órdenes de trabajo

Análisis descriptivo	
Media	0.611515152
Error típico	0.048439515
Mediana	0.625
Moda	0.75
Desviación estándar	0.160655696
Varianza de la muestra	0.025810253
Curtosis	0.091809754
Coefficiente de asimetría	-0.965105928
Rango	0.48
Mínimo	0.3
Máximo	0.78
Suma	6.726666667
Cuenta	11
Mayor (1)	0.78
Menor (1)	0.3
Nivel de confianza (95.0%)	0.107929965

Fuente: Propia

Aplicando la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.160655696^2}{0.05^2}$$

$$n = 39.6611$$

La muestra que se obtuvo mediante el cálculo es 39.66 para este trabajo se consideraran 40 muestras para asegurar que los datos sean más precisos.

Tabla 4 Cálculo de la muestra del índice de mantenimiento programado

Para realizar este cálculo se tomarán datos del índice de mantenimiento del mes de junio.

Datos del Índice de Mantenimiento		
Ítem	Fecha	Índice de mantenimiento Programado
1	25/05/2018	0.70
2	27/05/2018	0.52
3	29/05/2018	0.69
4	31/05/2018	0.92
5	2/06/2018	0.50
6	4/06/2018	0.83
7	6/06/2018	0.87
8	8/06/2018	0.65
9	9/06/2018	0.78
10	10/06/2018	0.80
11	12/06/2018	0.83

Fuente: Propia

En esta parte se procederá a determinar el análisis descriptivo para poder encontrar la desviación estándar.

Tabla 5 Análisis descriptivo para el índice de mantenimiento programado

Análisis descriptivo	
Media	0.735728154
Error típico	0.041451687
Mediana	0.782608696
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.137479692
Varianza de la muestra	0.018900666
Curtosis	-0.587629062
Coefficiente de asimetría	-0.619539969
Rango	0.42
Mínimo	0.5
Máximo	0.92
Suma	8.093009698
Cuenta	11
Mayor (1)	0.92
Menor (1)	0.5
Nivel de confianza (95.0%)	0.092360113

Fuente: Propia

Aplicando la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.137479692^2}{0.05^2}$$

$$n = 29.0435$$

La muestra que se obtuvo mediante el cálculo es 29.04, para este trabajo se consideraran 30 muestras para asegurar que los datos sean más precisos.

➤ **Muestreo**

El muestreo que se realizará será el muestreo aleatorio simple, se optó por este tipo de muestreo ya que es para población infinita y que general se realiza para muestras pequeñas. Para obtener los datos será de la siguiente manera:

➤ **Toma de tiempos del proceso**

La toma de tiempo del proceso de mantenimiento se realizará por cada trabajo ejecutado, que por lo general dura entre 8 a 12 horas, en los cuales está incluido el proceso de mantenimiento del condensador, evaporador, lavado del sistema y circuito eléctrico a los cuales se les tomará tiempos individuales.

➤ **Toma de tiempo de temperaturas**

La toma de tiempo de temperatura se realizará dos días por semana, en las cuales se tomará la temperatura en la mañana, mediodía y tarde, estos datos servirán para poder calcular la disponibilidad.

➤ **Cálculo de la disponibilidad**

El cálculo de disponibilidad para el trabajo de investigación se realizará semanalmente, el cual tendrá un tiempo de prueba de cinco meses, de esta manera se podrá determinar si se logró la mejora propuesta.

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

Técnicas

Se entiende por técnicas a las distintas formas de recolección de datos, eso va a depender al tipo de estudio que se llevará a cabo, las cuales pueden ser: observación, encuesta, entrevista y sección de grupo.

Según Bernal, C. en estos tiempos existen varias técnicas o instrumentos para la recolección de datos que se aplicará al trabajo que se realizará. Esto va a depender al tipo de análisis con la cual se elegirá una técnica u otra. (BERNAL, 2010 pág. 106)

Para el trabajo de investigación que se está realizando se eligió la técnica de la observación, ya que en este trabajo se realizará la toma de tiempos, en la cual esta técnica es la más apropiada para este tipo de recolección de datos.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son: las fichas, documentos, formatos que nos ayudarán a recolectar los datos de los estudios que se llevarán a cabo.

Según, Hernández “Considera que un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 199).

Para este trabajo los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán son:

- **Toma de tiempo de los procesos:** En esta parte se tomará los tiempos de todos los procesos donde se realizan las mejoras.
- **Check list:** El check list es un documento de revisión de los equipos que se realizarán semanal, quincenal y mensual.
- **Formato de lectura de temperatura:** En este formato se tomarán los datos de temperatura de trabajo del equipo.

Validez

La validez se refiere al grado en que un instrumento cumpla con las mediciones exactas y no tener muchas variaciones.

Como lo menciona Hernández y otros, “Toda medición o instrumento de recolección de datos, debe reunir dos requisitos: confiabilidad y validez” (HERNÁNDEZ, y otros, 2014).

Para el trabajo de investigación se contará con los instrumentos de medición certificados por una empresa acreditada, se contará con manuales en los cuales servirán de guía para realizar

una buena mejora de procesos, incrementando la validez de los datos, en la cual se obtendrán mediciones estandarizadas.

Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a que la medición de equipos e instrumentos se mantengan estables durante las lecturas que se realizarán, obteniendo un margen de error mínimo.

Valderrama define a la confiabilidad como “Un instrumento es confiable o fiable si produce resultados consistentes cuando se aplica en diferentes ocasiones [estabilidad o reproducibilidad (réplica)]” (VALDERRAMA, 2014 pág. 215).

Para este trabajo de investigación se contará con instrumentos calibrados, certificados, manuales y experiencia del personal, de esta manera se obtendrán datos fiables y se realizará un adecuado cálculo de la disponibilidad.

Métodos de análisis de datos

Según Valderrama “Luego de haber obtenido los datos, el siguiente paso es realizar el análisis de los mismos para dar respuesta a la pregunta inicial y, si corresponde, poder aceptar o rechazar las hipótesis en estudio. El análisis a realizar será cuantitativo.” (VALDERRAMA, 2013 pág. 137).

Como lo menciona Valderrama, el método de análisis básicamente se presenta los datos y se realiza el análisis del mismo para poder determinar si la hipótesis es válida.

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se define como la presentación de los datos en tablas y gráficos, al cual se realizará el análisis y de esta manera poder determinar si se cumple con el objetivo. Córdoba define al análisis descriptivo como: “se denomina estadística descriptiva, al conjunto de métodos estadísticos que se relacionan con el resumen y descripción de los datos, como tablas, gráficos y el análisis mediante algunos cálculos “ (CÓRDOVA, 2003 pág. 1) .

Para el trabajo de investigación se presentará los datos tanto de eficiencia, confiabilidad, mantenibilidad como de disponibilidad, para este tipo de análisis se utilizará el programa Excel.

Análisis inferencial

En la estadística inferencial se realizará el análisis de los datos, enfocados en determinar si la hipótesis es verdadera o falsa, para ello se utilizará herramientas estadísticas.

Según Hernández la “estadística inferencial es para probar las hipótesis y estimar parámetros” (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 299).

En este trabajo de investigación para comprobar si la hipótesis es verdadera o falsa se utilizará el método Wilcoxon.

2.5 Procedimiento

Desarrollo del trabajo de investigación

Para el desarrollo del trabajo se realiza la implementación de la mejora de los procesos de mantenimiento preventivo por lo cual se busca incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, los pasos a seguir son:

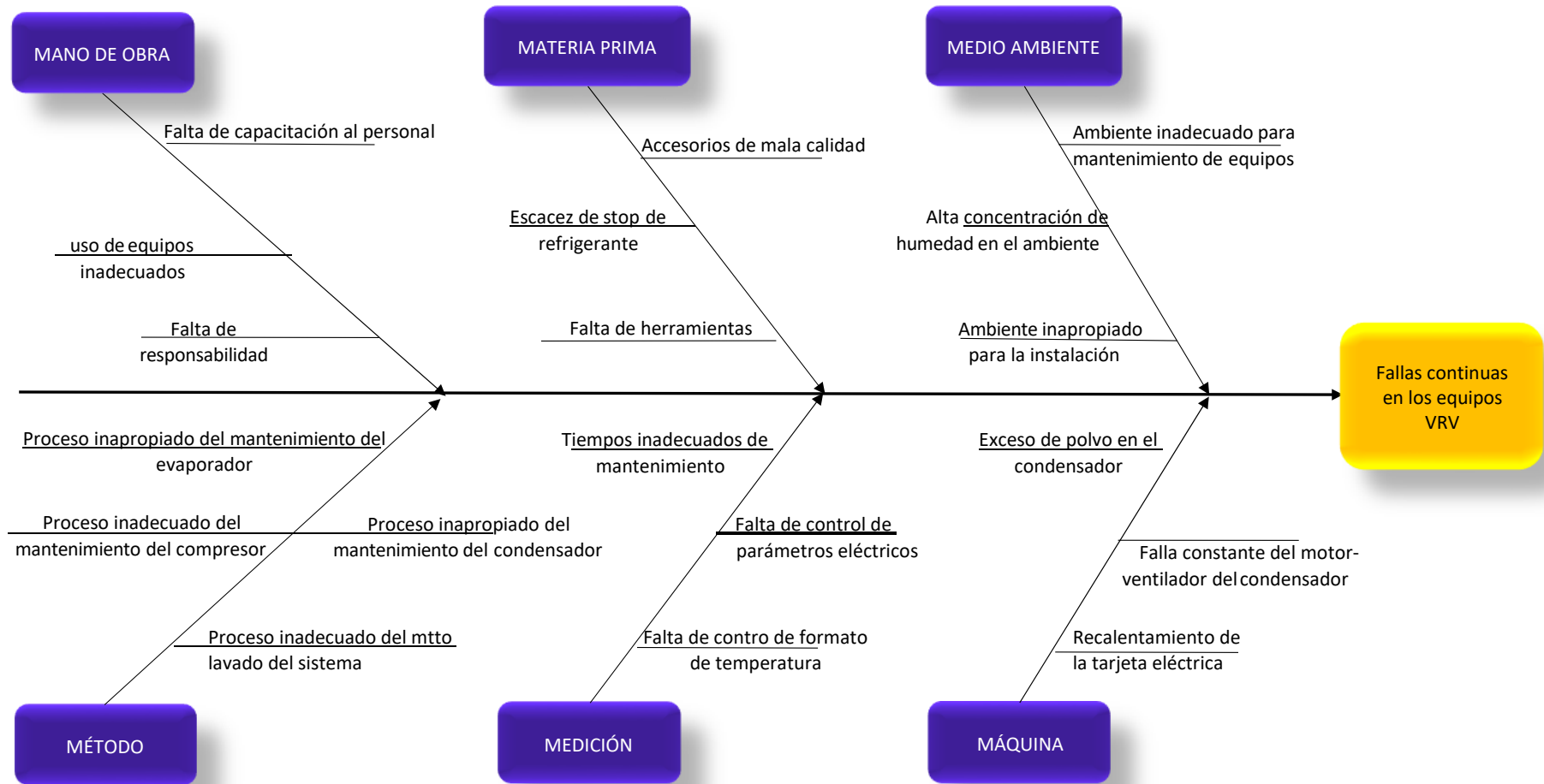
Análisis del proceso

En el análisis del proceso, lo que se busca mediante las herramientas de Ishikawa y Pareto es detectar cuáles son los problemas que afectan a la realización de un buen sistema de mantenimiento preventivo en la empresa.

Diagrama de Ishikawa

Con la realización del diagrama de Ishikawa, se busca detectar cuáles son las causas que genera una deficiencia en el mantenimiento preventivo, la cual origina una baja disponibilidad en los equipos de aire acondicionado, así mismo con la realización de este análisis se podrá encontrar cuales son los procesos que se tendrá que mejorar.

Gráfico 6 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Propia

En el diagrama de Ishikawa se ha obtenido las causas que origina las constantes fallas, para determinar cuáles son las fallas más críticas que realizará el diagrama de Pareto.

Diagrama de Pareto

Con el diagrama de Pareto se busca encontrar los puntos más críticos, en el cual se pondrá mayor énfasis en la toma de tiempos y en la realización del proceso de mantenimiento preventivo de cada actividad.

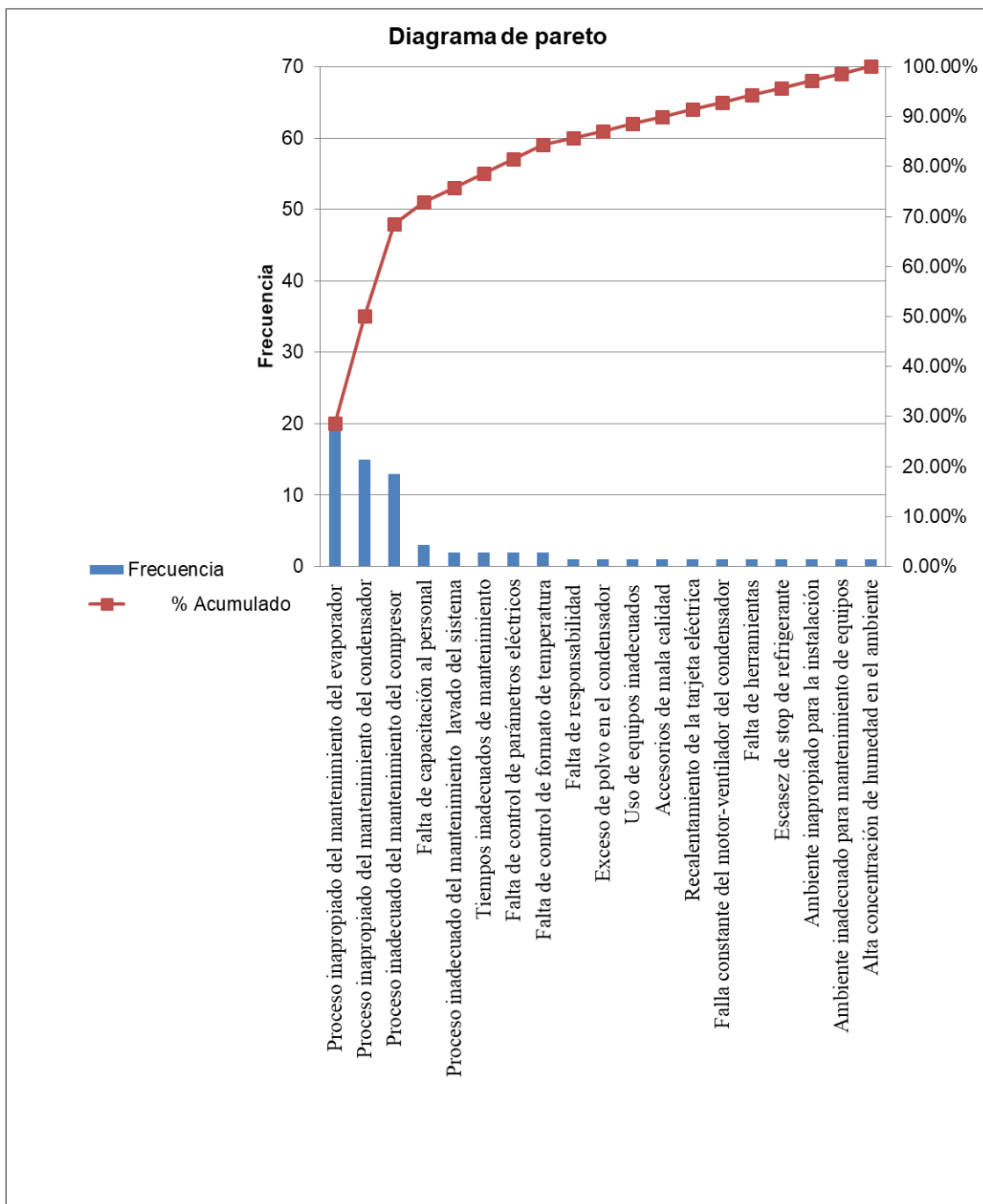
Tabla 6 Cálculo para el diagrama del Pareto

Nº	Causa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	% Total	% Acumulado
1	Proceso inapropiado del mantenimiento del evaporador	20	20	28.57%	28.57%
2	Proceso inapropiado del mantenimiento del condensador	15	35	21.43%	50.00%
3	Proceso inadecuado del mantenimiento del compresor	13	48	18.57%	68.57%
4	Falta de capacitación al personal	3	51	4.29%	72.86%
5	Proceso inadecuado del mantenimiento lavado del sistema	2	53	2.86%	75.71%
6	Tiempos inadecuados de mantenimiento	2	55	2.86%	78.57%
7	Falta de control de parámetros eléctricos	2	57	2.86%	81.43%
8	Falta de control de formato de temperatura	2	59	2.86%	84.29%
9	Falta de responsabilidad	1	60	1.43%	85.71%
10	Exceso de polvo en el condensador	1	61	1.43%	87.14%
11	Uso de equipos inadecuados	1	62	1.43%	88.57%
12	Accesorios de mala calidad	1	63	1.43%	90.00%
13	Recalentamiento de la tarjeta eléctrica	1	64	1.43%	91.43%
14	Falla constante del motor-ventilador del condensador	1	65	1.43%	92.86%
15	Falta de herramientas	1	66	1.43%	94.29%
16	Escasez de stop de refrigerante	1	67	1.43%	95.71%
17	Ambiente inapropiado para la instalación	1	68	1.43%	97.14%
18	Ambiente inadecuado para mantenimiento de equipos	1	69	1.43%	98.57%
19	Alta concentración de humedad en el ambiente	1	70	1.43%	100.00%
Total		70		100.00%	

Fuente: Propia

El cuadro se observa que las principales causas se encuentran con un 28% el proceso de mantenimiento del evaporador, con el 21% el proceso de mantenimiento del condensador, con un 18% el proceso de mantenimiento del compresor, los cuales representa las causas más críticas en el cuadro de causas, en la cual se mejorará los procesos de mantenimiento. A continuación, se presenta el diagrama de Pareto para una mejor apreciación.

Gráfico 7 Diagrama de Pareto



Fuente: Propia

Como se puede observar en el diagrama de Pareto las tres causas principales son las que generan las constantes falla en los equipos.

Estudio de tiempos para mejora de procesos

En el estudio de tiempos se realizará la toma de tiempos de todos los procesos de mantenimiento preventivo que se desea mejorar, el cual se realizará en tres pruebas con

equipos y personal diferente y al finalizar se obtendrá el tiempo promedio, para así poder definir el tiempo del proceso estudiado. Las fechas de toma de datos fueron el 15-17y 19 de octubre del 2018


A continuación, se presenta el formato de control de tiempo de cada uno de los procesos:

Formato de toma de tiempo del proceso del mantenimiento del evaporador

En este punto se realiza la toma de tiempos en el proceso de mantenimiento preventivo de la unidad evaporadora.

El formato que se usará para la toma de tiempos es el siguiente:

Formato 1 Toma de tiempos del proceso de mantenimiento del Evaporador

		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Evaporador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico		
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión		
3	Desmontaje del evaporador		
4	Traslado del evaporador al lugar de mantenimiento (azotea o sótano		
5	Desmontaje de partes del evaporador		
6	Mantenimiento a la tarjeta electrónica		
7	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar		
8	Lavado del serpentín con hidrolavadora		
9	Mantenimiento al ventilador centrífugo		
10	Engrasado de la bocina del ventilador		
11	Mantenimiento a toda la carcasa del evaporador		
12	Lijado y pintado de espacios oxidados		
13	Armado de las piezas del evaporador		
14	Traslado del evaporador al lugar de instalación		
15	Montaje del evaporador a su lugar		
16	Apertura de la válvula de alta y baja presión		
17	Desbloqueo del tablero eléctrico		
18	Prueba de funcionamiento del evaporador		
19	Llenado de la hoja técnica		
20	Entrega del trabajo al supervisor del área		
		Tiempo total	
Técnico encargado del trabajo realizado _____		Persona encargada de la toma de tiempos _____	
Lugar de trabajo _____			
Fecha de ejecución del trabajo: _____			

Fuente: Propia

Los formatos que faltan se encuentran en el anexo

Cálculo del promedio de tiempos para el proceso de mantenimiento del evaporador

En esta etapa se procederá a realizar el promedio de tiempo de los tres trabajadores y de esta manera establecer los tiempos del proceso de mantenimiento del evaporador.

Tabla 7 Tiempo de ejecución del mantenimiento de evaporador

Tiempo de ejecución del mantenimiento del evaporador			
trabajador 1	trabajador 2	trabajador 3	Promedio de tiempo
4 minutos	3 minutos	6 minutos	4.33
12 minutos	11 minutos	9 minutos	10.67
24 minutos	26 minutos	25 minutos	25.00
4 minutos	7 minutos	4 minutos	5.00
16 minutos	17 minutos	15 minutos	16.00
9 minutos	9 minutos	8 minutos	8.67
11 minutos	13 minutos	11 minutos	11.67
28 minutos	29 minutos	30 minutos	29.00
19 minutos	21 minutos	23 minutos	21.00
4 minutos	5 minutos	7 minutos	5.33
22 minutos	21 minutos	24 minutos	22.33
28 minutos	31 minutos	27 minutos	28.67
9 minutos	12 minutos	10 minutos	10.33
6 minutos	4 minutos	6 minutos	5.33
11 minutos	12 minutos	12 minutos	11.67
4 minutos	5 minutos	4 minutos	4.33
6 minutos	4 minutos	5 minutos	5.00
4 minutos	6 minutos	6 minutos	5.33
6 minutos	4 minutos	6 minutos	5.33
12 minutos	11 minutos	13 minutos	12.00

Fuente: Propia

De la tabla realizada se procederá a proponer los tiempos para el proceso de mantenimiento del evaporador, el cual es el siguiente:

Tabla 8 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del evaporador


Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del evaporador
5 minutos
11 minutos
25 minutos
5 minutos
16 minutos
9 minutos
12 minutos
30 minutos
22 minutos
6 minutos
23 minutos
29 minutos
11 minutos
6 minutos
12 minutos
5 minutos
6 minutos
6 minutos
6 minutos
13 minutos

Formato de toma de tiempo del proceso del mantenimiento del condensador

En esta etapa se toman los tiempos que se necesitan para la realización del mantenimiento preventivo a una unidad condensadora desde su inicio hasta su final.

El formato que se usará para la toma de tiempos es el siguiente:

Formato 2 Toma de tiempos del proceso de mantenimiento del Condensador

		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Condensador
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución
1	Bloqueo del sistema eléctrico	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	
3	Desmontaje de partes del condensador	
4	Desmontaje del motor - ventilador	
5	Mantenimiento al motor - ventilador	
6	Engrasado de la bocina del ventilador	
7	Megado del motor - ventilador (mínimo 2 mega-ohmios)	
8	Mantenimiento a la tarjeta electrónica y componentes eléctricos	
9	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	
10	Lavado del serpentín con hidrolavadora	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del condensador	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	
13	Armado de las piezas del condensador	
14	Desbloqueo del tablero eléctrico	
15	Apertura de la válvula de alta y baja presión	
16	Prueba de funcionamiento del condensador	
17	Control de presión de gas de la línea alta y baja	
18	Llenado de la hoja técnica	
19	Entrega del trabajo al supervisor del área	
		Tiempo total
Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos
Lugar de trabajo		
Fecha de ejecución del trabajo:		

Fuente: Propia

Los formatos que faltan se encuentran en el anexo.

Cálculo del promedio de tiempos para el proceso de mantenimiento del condensador

En esta etapa se procederá a realizar el promedio de tiempo de los tres trabajadores y de esta manera establecer los tiempos del proceso de mantenimiento del condensador.

Tabla 9 Tiempo de ejecución del mantenimiento del condensador

Tiempo de ejecución del mantenimiento del condensador			
trabajador 1	trabajador 2	trabajador 3	Promedio de tiempo
4 minutos	3 minutos	5 minutos	4.00
6 minutos	4 minutos	5 minutos	5.00
21 minutos	22 minutos	20 minutos	21.00
8 minutos	6 minutos	9 minutos	7.67
16 minutos	14 minutos	15 minutos	15.00
4 minutos	5 minutos	3 minutos	4.00
6 minutos	4 minutos	5 minutos	5.00
19 minutos	21 minutos	20 minutos	20.00
14 minutos	16 minutos	17 minutos	15.67
16 minutos	14 minutos	16 minutos	15.33
31 minutos	32 minutos	30 minutos	31.00
39 minutos	41 minutos	40 minutos	40.00
24 minutos	26 minutos	26 minutos	25.33
5 minutos	4 minutos	6 minutos	5.00
4 minutos	5 minutos	6 minutos	5.00
18 minutos	21 minutos	22 minutos	20.33
9 minutos	7 minutos	10 minutos	8.67
6 minutos	7 minutos	6 minutos	6.33
13 minutos	14 minutos	15 minutos	14.00

Fuente: Propia

De la tabla realizada se procederá a proponer los tiempos para el proceso de mantenimiento del evaporador, el cual es el siguiente:

Tabla 10 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del condensador


Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del condensador
5 minutos
6 minutos
22 minutos
8 minutos
16 minutos
5 minutos
6 minutos
21 minutos
16 minutos
16 minutos
32 minutos
41 minutos
26 minutos
6 minutos
6 minutos
21 minutos
9 minutos
7 minutos
15 minutos

Formato de toma de tiempo del proceso de mantenimiento del compresor

En esta parte se procede a la toma de tiempos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo del compresor.

El formato que se usará para la toma de tiempos es el siguiente:

Formato 3 Toma de tiempos del proceso de mantenimiento del compresor

		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Compresor	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico		
2	Megado del bobinado eléctrico		
3	Prueba mecánica de la línea alta presión del compresor		
4	Prueba mecánica de la línea baja presión del compresor		
5	Limpieza de las borneras de conexión del motor		
6	Lijado y pintado de la carcasa		
16	Desbloqueo del tablero eléctrico		
18	Prueba de funcionamiento del compresor		
19	Control de presión de gas de la línea alta y baja		
20	Llenado de la hoja técnica		
21	Entrega del trabajo al supervisor del área		
		Tiempo total	
Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo			
Fecha de ejecución del trabajo:			

Fuente: Propia

Los formatos que faltan se encuentran en el anexo.

Cálculo del promedio de tiempos para el proceso de mantenimiento del compresor

En esta etapa se procederá a realizar el promedio de tiempo de los tres trabajadores y de esta manera establecer los tiempos del proceso de mantenimiento del compresor.

Tabla 11 Tiempo de ejecución del mantenimiento del compresor

Tiempo de ejecución del mantenimiento del compresor			
trabajador 1	trabajador 2	trabajador 3	Promedio de tiempo
3 minutos	2 minutos	4 minutos	3.00
5 minutos	6 minutos	7 minutos	6.00
20 minutos	18 minutos	22 minutos	20.00
15 minutos	14 minutos	16 minutos	15.00
5 minutos	8 minutos	7 minutos	6.67
21 minutos	22 minutos	20 minutos	21.00
3 minutos	5 minutos	4 minutos	4.00
20 minutos	16 minutos	20 minutos	18.67
10 minutos	12 minutos	13 minutos	11.67
5 minutos	7 minutos	6 minutos	6.00
15 minutos	16 minutos	17 minutos	16.00

De la tabla realizada se procederá a proponer los tiempos para el proceso de mantenimiento del compresor, el cual es el siguiente.

Tabla 12 Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del compresor

Tiempo promedio establecido para el proceso de mantenimiento del compresor
3 minutos
6 minutos
20 minutos
15 minutos
7 minutos
21 minutos
4 minutos
19 minutos
12 minutos
6 minutos
16 minutos


Mejora de procesos

En esta parte una vez que se determinó el promedio de tiempos y de haber establecido los tiempos de cada proceso, a continuación, se presenta los formatos de los procesos con sus respectivos tiempos.

Formato de la mejora del proceso de mantenimiento del evaporador

Este es el formato que se utilizará desde hoy en adelante cuando se realice el mantenimiento del evaporador.

Formato 4 Mejora del proceso de mantenimiento del Evaporador


		Formato del proceso de Mantenimiento del Evaporador			
Vigencia		Tipo de trabajo	Fecha	Código	N°
01 de Enero 2020		Mecánico-Eléctrico	05 de Noviembre	001	1
N°	Tareas a realizar			Tiempo promedio	
1	Bloqueo del sistema eléctrico			5 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión			11 minutos	
3	Desmontaje del evaporador			25 minutos	
4	Traslado del evaporador al lugar de mantenimiento (azotea o sótano			5 minutos	
5	Desmontaje de partes del evaporador			16 minutos	
6	Mantenimiento a la tarjeta electrónica			9 minutos	
7	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar			12 minutos	
8	Lavado del serpentín con hidrolavadora			30 minutos	
9	Mantenimiento al ventilador centrífugo			22 minutos	
10	Engrasado de la bocina del ventilador			6 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del evaporador			23 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados			29 minutos	
13	Armado de las piezas del evaporador			11 minutos	
14	Traslado del evaporador al lugar de instalación			6 minutos	
15	Montaje del evaporador a su lugar			12 minutos	
16	Apertura de la válvula de alta y baja presión			5 minutos	
17	Desbloqueo del tablero eléctrico			6 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del evaporador			6 minutos	
19	Llenado de la hoja técnica			6 minutos	
20	Entrega del trabajo al supervisor del área			13 minutos	
			Tiempo total	258 minutos	
Elaborado por :		Revisado por:		Aprobado por:	
Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo		Nando López Jefe de Mantenimiento		Nando López Jefe de Mantenimiento	

Fuente: Propia

Formato de la mejora del proceso de mantenimiento del condensador

Este es el formato que se utilizará desde hoy en adelante cuando se realice el mantenimiento del condensador.

Formato 5 Mejora de toma de tiempos del proceso de mantenimiento del condensador


 TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Condensador		
Vigencia	Tipo de trabajo	Fecha	Código	N°
01 de enero 2020	Mecánico-Eléctrico	05 de noviembre	001	1
N°	Tareas a realizar		Tiempo promedio	
1	Bloqueo del sistema eléctrico		5 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión		6 minutos	
3	Desmontaje de partes del condensador		22 minutos	
4	Desmontaje del motor - ventilador		8 minutos	
5	Mantenimiento al motor - ventilador		16 minutos	
6	Engrasado de la bocina del ventilador		5 minutos	
7	Megado del motor - ventilador (mínimo 2 mega-ohmios		6 minutos	
8	Mantenimiento a la tarjeta electrónica y componentes eléctricos		21 minutos	
9	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar		16 minutos	
10	Lavado del serpentín con hidrolavadora		16 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del condensador		32 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados		41 minutos	
13	Armado de las piezas del condensador		26 minutos	
14	Desbloqueo del tablero eléctrico		6 minutos	
15	Apertura de la válvula de alta y baja presión		6 minutos	
16	Prueba de funcionamiento del condensador		21 minutos	
17	Control de presión de gas de la línea alta y baja		9 minutos	
18	Llenado de la hoja técnica		7 minutos	
19	Entrega del trabajo al supervisor del área		15 minutos	
		Tiempo total	284 minutos	
Elaborado por :		Revisado por:	Aprobado por:	
Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo		Nando López Jefe de Mantenimiento	Nando López Jefe de Mantenimiento	

Fuente: Propia

Formato de la mejora del proceso de mantenimiento del compresor

Este es el formato que se utilizará desde hoy en adelante cuando se realice el mantenimiento del compresor.

Formato 6 Mejora de la toma de tiempos del proceso de mantenimiento del compresor


 TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Compresor		
Vigencia	Tipo de trabajo	Fecha	Código	N.º
01 de enero 2020	Mecánico-Eléctrico	05 de noviembre	001	1
N.º	Tareas a realizar		Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico		3 minutos	
2	Megado del bobinado eléctrico		6 minutos	
3	Prueba mecánica de la línea alta presión del compresor		20 minutos	
4	Prueba mecánica de la línea baja presión del compresor		15 minutos	
5	Limpieza de las borneras de conexión del motor		7 minutos	
6	Lijado y pintado de la carcasa		21 minutos	
16	Desbloqueo del tablero eléctrico		4 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del compresor		19 minutos	
19	Control de presión de gas de la línea alta y baja		12 minutos	
20	Llenado de la hoja técnica		6 minutos	
21	Entrega del trabajo al supervisor del área		16 minutos	
		Tiempo total	129 minutos	
Elaborado por :		Revisado por:	Aprobado por:	
Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo		Nando López Jefe de Mantenimiento	Nando López Jefe de Mantenimiento	

Fuente: Propia

Capacitación del personal de los nuevos procesos

Se realiza la capacitación a todo el personal de las mejoras de los procesos de mantenimiento y los tiempos establecidos.

Formato 7 Capacitación del personal de mantenimiento


		Capacitación del personal de mantenimiento	
N.º	Trabajadores	Asistencia	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
		Tiempo de capacitación	
Elaborado por:		Realizado por:	Aprobado por:
Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo		Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo	Nando López Jefe de Mante+A2:I35nimiento

Fuente: Propia

Chek list de revisión del trabajo

El siguiente formato se utilizará para la revisión por el técnico encargado.

Formato 8 Chek list de revisión de trabajo

		Chek list de mantenimiento del Evaporador, Condensador y Compresor		
Vigencia	Tipo de trabajo	Fecha	Código	Nº
01 de Enero 2020	Mecánico-Eléctrico	05 de Noviembre	001	1
Equipo		Técnico		
Área		Fecha:	Hora:	
Nº	Actividades a realizar	Revisado		Estado
		SI	NO	Inop./Op.
1	Revisión de válvulas de alta y baja presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Revisión de la presión de gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión del motor-ventilador del condensador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Estado de la carcasa del equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Revisión del estado del contactor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Revisión de las llaves térmicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Revisión de la tarjeta electrónica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Revisión del estado del compresor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Estado de electroválvulas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Revisión del filtro de gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Revisión del tablero eléctrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Prueba del control remoto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Prueba de los dámpers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Revisión de la tarjeta del evaporador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Revisión del drenaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Control de parámetros eléctricos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Revisión del aislamiento térmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Revisión de las tuberías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Revisión del visor de líquido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Revisión del ventilador centrífugo del evaporador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Revisión de presostato de alta presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	Revisión de presostato de baja presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Elaborado por :		Revisado por:		Aprobado por:
Anerlinda Rojas Encargada Área de Dibujo		Nando López Jefe de Mantenimiento		Nando López Jefe de Mantenimiento

Fuente: Propia

Aplicación de los nuevos procesos

Los nuevos procesos de llegaron a realizar en el mes de noviembre, para lo cual se llegaron a tomar los datos necesarios para la evaluación y de esta manera poder determinar si se efectuó una mejora después de los procesos de mantenimiento preventivo.

2.6 Método de análisis de datos

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se define como la presentación de los datos en tablas y gráficos, al cual se realizará el análisis y de esta manera poder determinar si se cumple con el objetivo. Córdoba define al análisis descriptivo como: “se denomina estadística descriptiva, al conjunto de métodos estadísticos que se relacionan con el resumen y descripción de los datos, como tablas, gráficos y el análisis mediante algunos cálculos “ (CÓRDOVA, 2003 pág. 1) .

Para el trabajo de investigación se presentará los datos tanto de eficiencia, confiabilidad, mantenibilidad como de disponibilidad, para este tipo de análisis se utilizará el programa Excel.

Análisis inferencial

A continuación, se realizara el análisis de los datos y para ello se va a utilizar el Programa SPSS 25, primero se determinará si las muestras son paramétricas o no paramétricas, como se cuenta con una muestra menor a 50 datos, para esta prueba se utilizará la herramienta estadística de Shapiro-wilk, y dependiendo de los resultados para la contratación de la hipótesis se utilizará bien la herramienta de T-student o la de Wilcoxon, finalmente se realizará la comparación de medias para determinar la mejora.

En la estadística inferencial se realizará el análisis de los datos, enfocados en determinar si la hipótesis es verdadera o falsa, para ello se utilizará herramientas estadísticas.

Según Hernández la “estadística inferencial es para probar las hipótesis y estimar parámetros” (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 299).

2.7 Aspectos éticos

En el presente trabajo de investigación los datos que se presentará serán 100% reales, respetando los derechos de autoría tanto éticos como morales, para ello se colocará en cada

concepto el autor, el cual estará incluido en la bibliografía, el estudiante se compromete a respetar las normativas de Ingeniería Industrial y la casa de estudio de la Universidad César Vallejo.

III. RESULTADOS

En esta etapa se mostrará los resultados que se han adquirido antes y después de la mejora del mantenimiento preventivo, para lo cual se tomaran los datos y cálculos de la mantenibilidad y confiabilidad, con estos datos se podrá calcular la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado volumen refrigerante variable y de este modo verificar los resultados adquiridos.

Cálculos de los datos antes de la mejora.

Tabla 13 Eficiencia de órdenes de trabajo

Semana	Fecha de orden de trabajo programado	Hora teórica de órdenes de trabajo en Horas	Hora real de órdenes trabajo realizado en Horas	Eficiencia de Órdenes de Trabajo
33	14/08/2018	6.00	8.20	0.63
33	15/08/2018	3.00	3.50	0.83
34	22/08/2018	2.00	2.50	0.75
34	25/08/2018	7.00	8.30	0.81
35	27/08/2018	5.00	5.40	0.92
35	28/08/2018	6.00	7.30	0.78
35	29/08/2018	12.00	14.30	0.81
36	03/09/2018	3.00	3.50	0.83
36	05/09/2018	2.00	2.55	0.73
36	07/09/2018	5.00	6.10	0.78
37	10/09/2018	9.00	10.50	0.83
37	10/09/2018	3.00	3.30	0.90
37	12/09/2018	6.00	7.20	0.80
37	13/09/2018	4.00	4.55	0.86
37	15/09/2018	3.00	3.40	0.87
38	17/09/2018	4.00	4.50	0.88
38	18/09/2018	3.00	3.40	0.87
38	20/09/2018	4.00	4.30	0.93
38	22/09/2018	4.00	5.20	0.70
39	24/09/2018	3.00	3.40	0.87
39	26/09/2018	4.00	4.30	0.93
39	26/09/2018	3.00	3.50	0.83
39	28/09/2018	5.00	6.30	0.74
39	29/09/2018	4.00	4.30	0.93
40	01/10/2018	3.00	3.55	0.82
40	03/10/2018	13.00	15.40	0.82
40	04/10/2018	3.00	3.50	0.83
40	06/10/2018	8.00	9.40	0.83
41	09/10/2018	5.00	6.30	0.74
41	11/10/2018	4.00	5.10	0.73
41	12/10/2018	7.00	8.10	0.84
42	16/10/2018	4.00	4.50	0.88
42	17/10/2018	5.00	5.40	0.92
42	19/10/2018	6.00	7.10	0.82
43	23/10/2018	3.00	3.50	0.83
43	25/10/2018	4.00	4.55	0.86
43	27/10/2018	3.00	3.40	0.87
44	29/10/2018	3.00	3.20	0.93
44	30/10/2018	4.00	5.30	0.68
44	31/10/2018	12.00	13.50	0.88
	Total	197.00	231.60	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la eficiencia de órdenes de trabajo de las semanas analizadas.

$$E_{fot} = 1 - \frac{\text{Horas hombre reales} - \text{Horas hombre teórica}}{\text{Horas hombres teóricas } 231.80 - 197.00} \times 100$$

$$E_{fot} = 1 - \frac{197.00}{197.00} \times 100$$

$$E_{fot} = 82.34\%$$

En los resultados obtenidos se observa que se ha iniciado con una baja eficiencia de un 82.34%

Tabla 14 Índice de mantenimiento programado

Semana	Fecha de orden de trabajo programado	Hora de mantenimiento Programado	Horas totales dedicadas al mantenimiento	Índice de mantenimiento Programado
29	18/07/2018	10.00	13.50	0.74
30	23/07/2018	10.00	12.20	0.82
30	25/07/2018	10.00	13.80	0.72
31	30/07/2018	10.00	15.30	0.65
31	01/08/2018	10.00	12.90	0.78
32	06/08/2018	10.00	14.30	0.70
32	08/08/2018	10.00	14.10	0.71
33	13/08/2018	10.00	13.60	0.74
33	14/08/2018	10.00	12.30	0.81
34	20/08/2018	10.00	13.20	0.76
34	21/08/2018	10.00	13.69	0.73
35	27/08/2018	10.00	11.00	0.91
35	28/08/2018	10.00	14.40	0.69
36	03/09/2018	10.00	15.00	0.67
36	04/09/2018	10.00	13.60	0.74
37	10/09/2018	10.00	14.60	0.68
37	11/09/2018	10.00	12.50	0.80
38	17/09/2018	10.00	15.00	0.67
38	18/09/2018	10.00	11.90	0.84
39	24/09/2018	10.00	14.00	0.71
39	25/09/2018	10.00	13.10	0.76
40	01/10/2018	10.00	13.30	0.75
40	02/10/2018	10.00	12.50	0.80
41	08/10/2018	10.00	16.20	0.62
41	09/10/2018	10.00	13.80	0.72
42	15/10/2018	10.00	14.00	0.71
42	16/10/2018	10.00	12.70	0.79
43	22/10/2018	10.00	11.50	0.87
43	23/10/2018	10.00	14.20	0.70
44	29/10/2018	10.00	14.20	0.70
	Total	300.00	406.39	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general del índice de mantenimiento de las semanas analizadas.

$$IPM = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \times 100$$

$$IPM = \frac{300.00}{406.39} \times 100$$

$$IPM = 73.82\%$$

En los resultados obtenidos se observa que se ha iniciado con un índice de mantenimiento de 73.82 %.

Tabla 15 La confiabilidad MTBF tiempo medio entre fallas

Semana	Fecha	TTO (horas)	# Fallas	MTBF
15	9/04/2018	666.00	6	111.00
16	16/04/2018	666.00	7	95.14
17	23/04/2018	637.50	6	106.25
18	30/04/2018	666.00	6	111.00
19	7/05/2018	666.00	6	111.00
20	14/05/2018	666.00	7	95.14
21	21/05/2018	666.00	6	111.00
22	28/05/2018	637.50	5	127.50
23	4/06/2018	666.00	6	111.00
24	11/06/2018	666.00	6	111.00
25	18/06/2018	666.00	6	111.00
26	25/06/2018	666.00	7	95.14
27	2/07/2018	666.00	5	133.20
28	9/07/2018	666.00	6	111.00
29	16/07/2018	666.00	5	133.20
30	23/07/2018	666.00	5	133.20
31	30/07/2018	666.00	6	111.00
32	6/08/2018	666.00	6	111.00
33	13/08/2018	637.50	5	127.50
34	20/08/2018	666.00	4	166.50
35	27/08/2018	666.00	5	133.20
36	3/09/2018	666.00	5	133.20
37	10/09/2018	666.00	7	95.14
38	17/09/2018	666.00	6	111.00
39	24/09/2018	666.00	7	95.14
40	1/10/2018	666.00	6	111.00
41	8/10/2018	666.00	5	133.20
42	15/10/2018	637.50	5	127.50
43	22/10/2018	666.00	5	133.20
44	29/10/2018	666.00	4	166.50
	Total	19866.00	171	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la confiabilidad MTBF de las semanas analizadas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones en el periodo}}{\text{Número de fallas totales}}$$

$$MTBF = \frac{19866.00 \text{ h}}{171}$$

$$MTBF = 116.18 \text{ h}$$

En los resultados obtenidos se observa que se ha iniciado con la confiabilidad MTBF de 116.18 h.

Tabla 16 La mantenibilidad MTTR tiempo medio para reparar

Semana	Fecha	TTO (horas)	# Fallas	MTTR
15	9/04/2018	93.20	6	15.53
16	16/04/2018	100.50	7	14.36
17	23/04/2018	104.90	6	17.48
18	30/04/2018	77.50	6	12.92
19	7/05/2018	85.70	6	14.28
20	14/05/2018	85.50	7	12.21
21	21/05/2018	75.70	6	12.62
22	28/05/2018	74.00	5	14.80
23	4/06/2018	78.30	6	13.05
24	11/06/2018	75.70	6	12.62
25	18/06/2018	82.40	6	13.73
26	25/06/2018	78.90	7	11.27
27	2/07/2018	74.90	5	14.98
28	9/07/2018	76.10	6	12.68
29	16/07/2018	77.40	5	15.48
30	23/07/2018	76.50	5	15.30
31	30/07/2018	75.00	6	12.50
32	6/08/2018	77.40	6	12.90
33	13/08/2018	71.60	5	14.32
34	20/08/2018	75.20	4	18.80
35	27/08/2018	76.00	5	15.20
36	3/09/2018	76.50	5	15.30
37	10/09/2018	80.50	7	11.50
38	17/09/2018	77.80	6	12.97
39	24/09/2018	86.00	7	12.29
40	1/10/2018	77.80	6	12.97
41	8/10/2018	74.80	5	14.96
42	15/10/2018	74.50	5	14.90
43	22/10/2018	74.60	5	14.92
44	29/10/2018	76.00	4	19.00
	Total	2390.90	171	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la mantenibilidad MTTR de las semanas analizadas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas totales de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{2390.90}{171}$$

$$MTTR = 13.98 \text{ h}$$

En los resultados obtenidos se observa que se ha iniciado con la mantenibilidad MTTR de 13.98 h

Tabla 17 Cálculo de la disponibilidad

Semana	Fecha	MTBF	MTTR	Disponibilidad
15	9/04/2018	111.00	15.53	0.88
16	16/04/2018	95.14	14.36	0.87
17	23/04/2018	106.25	17.48	0.86
18	30/04/2018	111.00	12.92	0.90
19	7/05/2018	111.00	14.28	0.89
20	14/05/2018	95.14	12.21	0.89
21	21/05/2018	111.00	12.62	0.90
22	28/05/2018	127.50	14.80	0.90
23	4/06/2018	111.00	13.05	0.89
24	11/06/2018	111.00	12.62	0.90
25	18/06/2018	111.00	13.73	0.89
26	25/06/2018	95.14	11.27	0.89
27	2/07/2018	133.20	14.98	0.90
28	9/07/2018	111.00	12.68	0.90
29	16/07/2018	133.20	15.48	0.90
30	23/07/2018	133.20	15.30	0.90
31	30/07/2018	111.00	12.50	0.90
32	6/08/2018	111.00	12.90	0.90
33	13/08/2018	127.50	14.32	0.90
34	20/08/2018	166.50	18.80	0.90
35	27/08/2018	133.20	15.20	0.90
36	3/09/2018	133.20	15.30	0.90
37	10/09/2018	95.14	11.50	0.89
38	17/09/2018	111.00	12.97	0.90
39	24/09/2018	95.14	12.29	0.89
40	1/10/2018	111.00	12.97	0.90
41	8/10/2018	133.20	14.96	0.90
42	15/10/2018	127.50	14.90	0.90
43	22/10/2018	133.20	14.92	0.90
44	29/10/2018	166.50	19.00	0.90
	Total	3561.86	425.84	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la disponibilidad de las semanas analizadas.

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \times 100$$

$$DISP = \frac{3561.86}{3561.86 + 425.84} \times 100$$

$$DISP = 89.32 \%$$

En los resultados obtenidos se observa que se ha iniciado con la disponibilidad de 89.32 %.

Cálculos de los datos después de la mejora

Tabla 18 Eficiencia de órdenes de trabajo después de la mejora

Semana	Fecha de orden de trabajo programado	Hora teórica de órdenes trabajo en Horas	Hora real de órdenes trabajo realizado en Horas	Eficiencia de Órdenes de Trabajo
45	05/11/2018	4.00	4.20	0.95
46	12/11/2018	2.00	2.00	1.00
47	19/11/2018	4.00	4.10	0.98
47	20/11/2018	3.00	3.10	0.97
48	26/11/2018	2.00	2.10	0.95
49	03/12/2018	4.00	4.15	0.96
49	04/12/2018	2.00	2.00	1.00
49	05/12/2018	3.00	3.10	0.97
50	10/12/2018	4.00	4.00	1.00
51	17/12/2018	4.00	4.15	0.96
52	24/12/2018	3.00	3.15	0.95
53	31/12/2018	3.00	3.20	0.93
1	05/01/2019	2.00	2.10	0.95
2	07/01/2019	4.00	4.00	1.00
2	08/01/2019	4.00	4.10	0.98
3	14/01/2019	2.00	2.10	0.95
4	21/01/2019	1.00	1.00	1.00
5	28/01/2019	2.00	2.10	0.95
5	29/01/2019	1.00	1.05	0.95
6	04/02/2019	4.00	4.00	1.00
7	11/02/2019	4.00	4.00	1.00
8	18/02/2019	1.00	1.00	1.00
8	19/02/2019	3.00	3.10	0.97
9	25/02/2019	7.00	7.20	0.97
10	04/03/2019	5.00	5.20	0.96
10	05/03/2019	2.00	2.10	0.95
11	11/03/2019	4.00	4.10	0.98
12	18/03/2019	7.00	7.20	0.97
13	25/03/2019	3.00	3.10	0.97
14	01/04/2019	3.00	3.10	0.97
15	08/04/2019	3.00	3.20	0.93
15	09/04/2019	4.00	4.10	0.98
16	15/04/2019	2.00	2.00	1.00
17	22/04/2019	2.00	2.30	0.85
18	29/04/2019	3.00	3.00	1.00
18	30/04/2019	3.00	3.10	0.97
19	06/05/2019	2.00	2.10	0.95
20	13/05/2019	4.00	4.00	1.00
21	20/05/2019	3.00	3.15	0.95
22	27/05/2019	1.00	1.00	1.00
	Total	124.00	127.75	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la eficiencia de órdenes de trabajo de las semanas analizadas.

$$E_{fot} = 1 - \frac{\text{Horas hombre reales} - \text{Horas hombre teórica}}{\text{Horas hombres teóricas}} \times 100$$

$$E_{fot} = 1 - \frac{124.00}{127.75} \times 100$$

$$E_{fot} = 96.98\%$$

En los resultados obtenidos se observa que la eficiencia de órdenes de trabajo alcanzó un 96.98%.

Tabla 19 Índice de mantenimiento programado después de la mejora

Semana	Fecha de orden de trabajo programado	Hora de mantenimiento Programado	Hora totales dedicadas al mantenimiento	Índice de mantenimiento Programado
7	12/02/2019	8.00	8.30	0.96
8	18/02/2019	8.00	8.00	1.00
8	19/02/2019	8.00	8.00	1.00
9	25/02/2019	8.00	8.60	0.93
9	26/02/2019	8.00	9.00	0.89
10	04/03/2019	8.00	8.50	0.94
10	05/03/2019	8.00	8.00	1.00
11	11/03/2019	8.00	8.00	1.00
11	12/03/2019	8.00	8.00	1.00
12	18/03/2019	8.00	8.30	0.96
12	19/03/2019	8.00	8.20	0.98
13	25/03/2019	8.00	8.60	0.93
13	26/03/2019	8.00	9.00	0.89
14	01/04/2019	8.00	8.50	0.94
14	02/04/2019	8.00	8.00	1.00
15	08/04/2019	8.00	8.10	0.99
15	09/04/2019	8.00	8.00	1.00
16	15/04/2019	8.00	8.30	0.96
16	16/04/2019	8.00	8.50	0.94
17	22/04/2019	8.00	8.60	0.93
17	23/04/2019	8.00	9.00	0.89
18	29/04/2019	8.00	9.10	0.88
18	30/04/2019	8.00	8.00	1.00
19	06/05/2019	8.00	8.00	1.00
19	07/05/2019	8.00	8.00	1.00
20	13/05/2019	8.00	8.30	0.96
20	14/05/2019	8.00	8.40	0.95
21	20/05/2019	8.00	8.10	0.99
21	21/05/2019	8.00	8.20	0.98
22	27/05/2019	8.00	8.00	1.00
	Total	240.00	249.60	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general del índice de mantenimiento de las semanas analizadas.

$$IPM = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \times 100$$

$$IPM = \frac{240.00}{249.6} \times 100$$

$$IPM = 96.15 \%$$

En los resultados obtenidos se observa que el índice de mantenimiento a incrementado a 96.15%.

Tabla 20 La confiabilidad MTBF tiempo medio entre fallas Pos-tes

Semana	Fecha	TTO (horas)	# Fallas	MTBF
45	5/11/2018	666.00	3	222.00
46	12/11/2018	666.00	3	222.00
47	19/11/2018	666.00	3	222.00
48	26/11/2018	666.00	2	333.00
49	3/12/2018	666.00	4	166.50
50	10/12/2018	666.00	3	222.00
51	17/12/2018	666.00	2	333.00
52	24/12/2018	666.00	3	222.00
53	31/12/2018	666.00	4	166.50
2	7/01/2019	666.00	3	222.00
3	14/01/2019	666.00	3	222.00
4	21/01/2019	666.00	2	333.00
5	28/01/2019	666.00	3	222.00
6	4/02/2019	666.00	3	222.00
7	11/02/2019	666.00	3	222.00
8	18/02/2019	666.00	3	222.00
9	25/02/2019	666.00	2	333.00
10	4/03/2019	666.00	3	222.00
11	11/03/2019	666.00	3	222.00
12	18/03/2019	666.00	3	222.00
13	25/03/2019	666.00	3	222.00
14	1/04/2019	666.00	2	333.00
15	8/04/2019	666.00	3	222.00
16	15/04/2019	666.00	3	222.00
17	22/04/2019	666.00	3	222.00
18	29/04/2019	666.00	3	222.00
19	6/05/2019	666.00	2	333.00
20	13/05/2019	666.00	3	222.00
21	20/05/2019	666.00	2	333.00
22	27/05/2019	666.00	2	333.00
	Total	19980.00	84	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la confiabilidad MTBF de las semanas analizadas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones en el periodo}}{\text{Número de fallas totales}}$$

$$MTBF = \frac{19980.00 \text{ h}}{84}$$

$$MTBF = 237.86 \text{ h}$$

En los resultados obtenidos se observa que la confiabilidad MTBF de 237.86 h.

Tabla 21 La mantenibilidad MTTR tiempo medio para reparar Pos-tés

Semana	Fecha	TTR(horas)	# Fallas	MTTR
45	5/11/2018	20.30	3	6.77
46	12/11/2018	18.50	3	6.17
47	19/11/2018	20.10	3	6.70
48	26/11/2018	16.30	2	8.15
49	3/12/2018	22.55	4	5.64
50	10/12/2018	20.00	3	6.67
51	17/12/2018	16.00	2	8.00
52	24/12/2018	19.65	3	6.55
53	31/12/2018	21.30	4	5.33
2	7/01/2019	21.60	3	7.20
3	14/01/2019	18.90	3	6.30
4	21/01/2019	16.00	2	8.00
5	28/01/2019	18.40	3	6.13
6	4/02/2019	21.40	3	7.13
7	11/02/2019	20.50	3	6.83
8	18/02/2019	17.00	3	5.67
9	25/02/2019	17.60	2	8.80
10	4/03/2019	21.70	3	7.23
11	11/03/2019	20.10	3	6.70
12	18/03/2019	23.70	3	7.90
13	25/03/2019	20.70	3	6.90
14	1/04/2019	16.50	2	8.25
15	8/04/2019	19.30	3	6.43
16	15/04/2019	18.80	3	6.27
17	22/04/2019	19.90	3	6.63
18	29/04/2019	20.10	3	6.70
19	6/05/2019	16.00	2	8.00
20	13/05/2019	20.70	3	6.90
21	20/05/2019	16.30	2	8.15
22	27/05/2019	9.00	2	4.50
	Total	568.90	84	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la mantenibilidad MTTR de las semanas analizadas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas totales de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

$$MTTR = \frac{568.9}{84}$$

$$MTTR = 6.77 \text{ h}$$

En los resultados obtenidos se observa que se llegó a alcanzar una mantenibilidad MTTR de 6.77 h.

Tabla 22 Cálculo de la disponibilidad después de la mejora

Semana	Fecha	MTBF	MTTR	Disponibilidad
45	5/11/2018	222.00	6.77	0.97
46	12/11/2018	222.00	6.17	0.97
47	19/11/2018	222.00	6.70	0.97
48	26/11/2018	333.00	8.15	0.98
49	3/12/2018	166.50	5.64	0.97
50	10/12/2018	222.00	6.67	0.97
51	17/12/2018	333.00	8.00	0.98
52	24/12/2018	222.00	6.55	0.97
53	31/12/2018	166.50	5.33	0.97
2	7/01/2019	222.00	7.20	0.97
3	14/01/2019	222.00	6.30	0.97
4	21/01/2019	333.00	8.00	0.98
5	28/01/2019	222.00	6.13	0.97
6	4/02/2019	222.00	7.13	0.97
7	11/02/2019	222.00	6.83	0.97
8	18/02/2019	222.00	5.67	0.98
9	25/02/2019	333.00	8.80	0.97
10	4/03/2019	222.00	7.23	0.97
11	11/03/2019	222.00	6.70	0.97
12	18/03/2019	222.00	7.90	0.97
13	25/03/2019	222.00	6.90	0.97
14	1/04/2019	333.00	8.25	0.98
15	8/04/2019	222.00	6.43	0.97
16	15/04/2019	222.00	6.27	0.97
17	22/04/2019	222.00	6.63	0.97
18	29/04/2019	222.00	6.70	0.97
19	6/05/2019	333.00	8.00	0.98
20	13/05/2019	222.00	6.90	0.97
21	20/05/2019	333.00	8.15	0.98
22	27/05/2019	333.00	4.50	0.99
	Total	7437.00	206.60	

Fuente: Propia

En esta parte se realiza el cálculo general de la disponibilidad de las semanas analizadas.

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \times 100$$

$$DISP = \frac{7437.00}{7437.00 + 206.60} \times 100$$

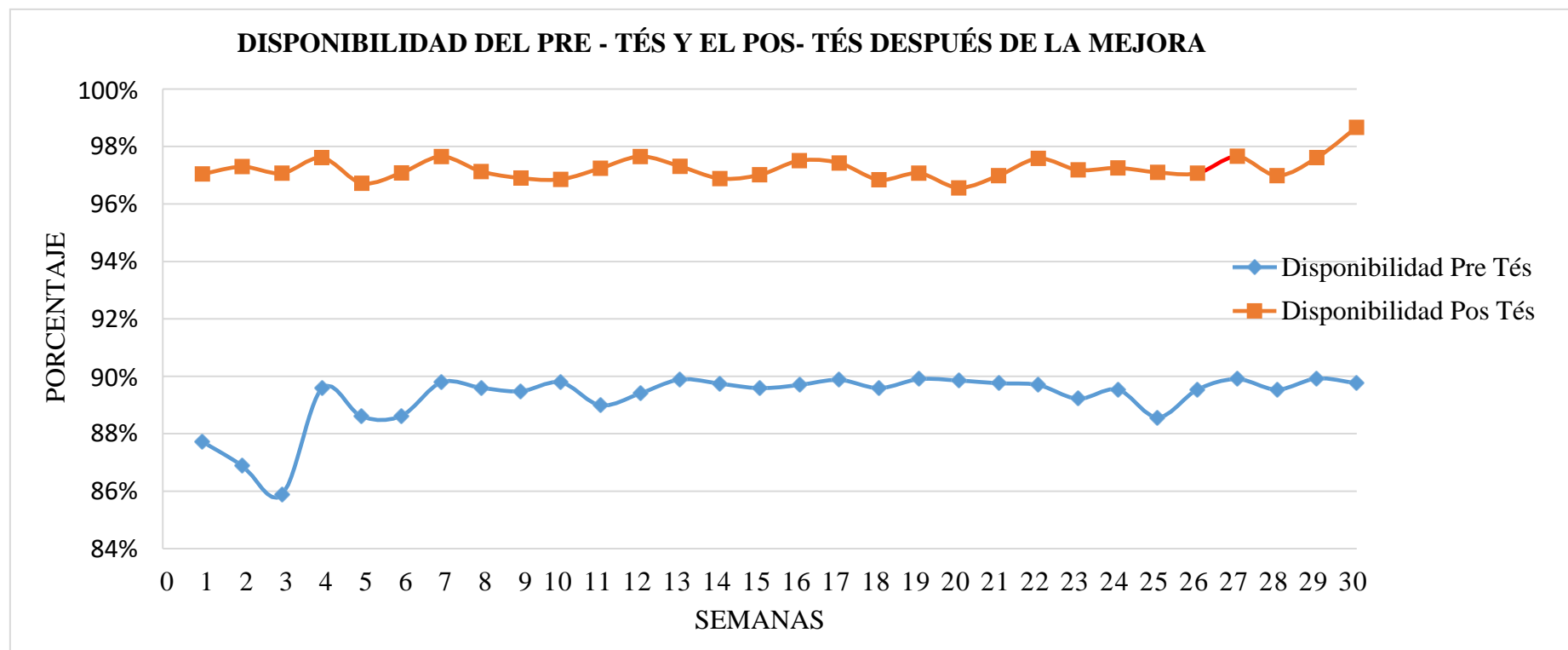
$$DISP = 97.30 \%$$

En los resultados obtenidos se observa que se llegó a alcanzar una disponibilidad de 97.30.

Análisis descriptivo

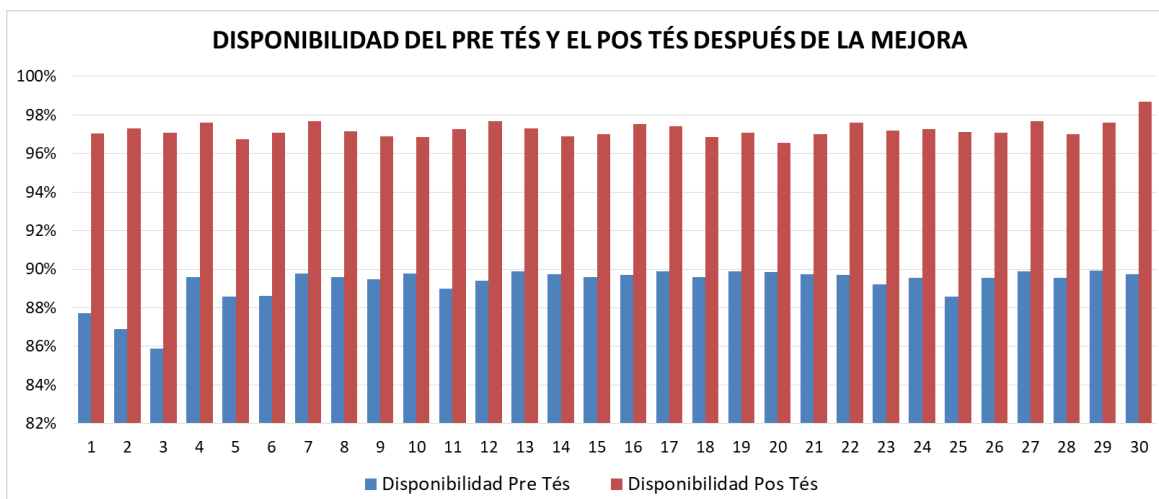
A continuación, se presenta un análisis de la comparación de los datos Pre -Tés y Pos -Tés de los datos recolectados.

Gráfico 8 Disponibilidad antes y después de la mejora



Fuente: Propia

Gráfico 9 Disponibilidad antes y después de la mejora



Fuente: Propia

En el gráfico se puede observar que la disponibilidad después de la mejora se incrementó desde los 86.76% hasta los 97.30%.

En el cuadro siguiente se presenta los datos Pre-Tés y Pos-Tés de la mejora.

Tabla 23 Cuadro de datos Pre-Tés y Pos-Tés

Tipo de variables	Indicadores		Media	
	Pre-tés	Pro-tés	Pre-tés	Pro-tés
Eficiencia de órdenes de trabajo	82.34%	96.98%	0.83	0.97
Índice de mantenimiento programado	73.82%	96.15%	0.74	0.97
Confiabilidad MTBF	116.8 h	237.86 h	118.73	247.90
Mantenibilidad MTTR	13.98 h	6.77 h	14.19	6.89
Disponibilidad	89.32%	97.30%	0.89	0.97

Como se puede observar en el cuadro, el dato de los Pos-tés presenta una mejora con respecto al Pre-tés.

Análisis Inferencial

Prueba estadística de la Eficiencia de las órdenes de trabajo

Prueba de normalidad de las eficiencias de las órdenes de trabajo

Regla de decisión:

Si el P-valor $\leq 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento no paramétrico

Si el P-valor $> 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento paramétrico

Prueba de Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia órdenes de trabajo Pre-Tés	,133	40	,071	,945	40	,050
Eficiencia órdenes de trabajo Pos-Tés	,184	40	,002	,806	40	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

En los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se puede constatar que la Eficiencia OT Pre Tés es mayor a 0.05 por lo tanto es una muestra paramétrica y la Eficiencia OT Pos Tés es de 0.000 el cual es menor a 0.05 y representa una muestra no paramétrica, por lo tanto, los datos tienen un comportamiento no paramétrico. Se concluye que en este caso se aplicará la prueba de Wilcoxon.

Planteamiento de las hipótesis nulas y la alternativa

H₀ = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia de las órdenes de trabajo de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

H_a= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de las órdenes de trabajo de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Regla de decisión:

Si: P-valor $>$ al nivel de significancia
 \Rightarrow Se acepta la H₀

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	Eficiencia órdenes de trabajo Pos-Tés – Eficiencia órdenes de trabajo Pre Tés
Z	-5,512 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Los resultados obtenidos con la prueba de Wilcoxon muestran que el nivel de significancia es de 0.000 el cual es menor al 0.05, de los resultados obtenidos y basándonos al criterio de decisión se rechaza la hipótesis nula **H₀** y se acepta la hipótesis alternativa **H_a**: La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia de las órdenes de trabajo de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Comprobación de la mejora de la eficiencia de órdenes de trabajo

Para obtener el resultado de la mejora se tendrá que cumplir el siguiente criterio:

$$\text{Si: Media Pre-tés} - \text{Media Pos-tés} = - \text{BB}$$
$$\Rightarrow \text{La Media Después es mayor}$$

Prueba de la media de la eficiencia de órdenes de trabajo

Informe		
	Eficiencia OT Pre Tés	Eficiencia OT Pos Tés
Media	,8264	,9686
N	40	40
Desv. Desviación	,07219	,02873

Entonces: $0.8264 - 0.9686 = -0.1422$

Basándonos al criterio presentado podemos afirmar que si se produjo un incremento en la eficiencia de las órdenes de trabajo.

Conclusión:

Después de las tres pruebas realizadas se comprueba que el resultado de Pre-tés y el Pos-tés son diferentes, a raíz de ese se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa H_a . Finalmente se demostró gracias al cálculo de las medias que se produjo una mejora en la eficiencias de las órdenes de trabajo ya que el promedio inicial fue de 0.8264 y la media final es de 0.9686 el cual presenta un incremento en la media.

Prueba estadística del Índice de mantenimiento programado

Prueba de normalidad del índice de mantenimiento programado

Regla de decisión:

Si el P-valor $\leq 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento no paramétrico.

Si el P-valor $> 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento paramétrico.

Prueba de Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IMP Pre Tés	,117	30	,200*	,974	30	,640
IMP Pos Tés	,191	30	,007	,837	30	,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

En los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se puede constatar que el Índice de mantenimiento del Pre Tés es mayor a 0.05 por lo tanto es una muestra paramétrica y del índice de mantenimiento del Pos Tés es de 0.000 el cual es menor a 0.05 y representa una

muestra no paramétrica, por lo tanto, los datos tienen un comportamiento no paramétrico. Se concluye que en este caso se aplicará la prueba de Wilcoxon.

Planteamiento de las hipótesis nulas y la alternativa

H₀ = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa el índice de mantenimiento programado de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

H_a = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa el índice de mantenimiento programado de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Regla de decisión:

Si: $P\text{-valor} > \text{al nivel de significancia}$
 \Rightarrow Se acepta la **H₀**

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	IMP Pos Tés – IMP Pre Tés
Z	-4,782 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Los resultados obtenidos con la prueba de Wilcoxon muestran que el nivel de significancia es de 0.000 el cual es menor al 0.05, de los resultados obtenidos y basándonos al criterio de decisión se rechaza la hipótesis nula **H₀** y se acepta la hipótesis alternativa **H_a**: La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa el índice de mantenimiento programado de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Comprobación del incremento índice de mantenimiento programado

Para obtener el resultado de la mejora se tendrá que cumplir el siguiente criterio:

$$\text{Si: Media Antes} - \text{Media Después} = -BB$$
$$\Rightarrow \text{La Media Después es mayor}$$

Prueba de la media del Índice de mantenimiento programado

Informe		
	IMP Pre -Tés	IMP Pos- Tés
Media	,7436	,9748
N	30	30
Desv. Desviación	,06536	,02662

Entonces: $0.7436 - 0.9748 = -0.2312$

Basándonos al criterio presentado podemos afirmar que si se produjo un incremento en el índice de mantenimiento programado

Conclusión:

Después de las tres pruebas realizadas se comprueba que el resultado del Pre-tés y el Pos-tés son diferentes, a raíz de ese se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa H_a . Finalmente se demostró gracias al cálculo de las medias que se produjo una mejora en el índice de mantenimiento programado ya que el promedio inicial fue de 0.7436 y la media final es de 0.9748 el cual presenta un incremento en la media.

➤ Prueba estadística del tiempo medio entre fallas MTBF

Prueba de normalidad del tiempo medio entre fallas.

Regla de decisión:

Si el P-valor $\leq 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento no paramétrico.

Si el P-valor $> 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento paramétrico,

Prueba de Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF Pre Tés	,262	30	,000	,858	30	,001
MTBF Pos Tés	,418	30	,000	,680	30	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

En los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se puede constatar que el MTBF del Pre Tés es menor a 0.05 por lo tanto es una muestra no paramétrica y del MTBF del Pos Tés es de 0.000 el cual es menor a 0.05 y representa una muestra no paramétrica, por lo tanto, los datos tienen un comportamiento no paramétrico. Se concluye que en este caso se aplicará la prueba de Wilcoxon.

Planteamiento de las hipótesis nulas y la alternativa

H₀ = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

H_a = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Regla de decisión:

Si: $P\text{-valor} > \text{al nivel de significancia}$
 \Rightarrow Se acepta la H_0

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	MTBF Pos -Tés – MTBF Pre-Tés
Z	-4,794 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Los resultados obtenidos con la prueba de Wilcoxon muestran que el nivel de significancia es de 0.000 el cual es menor al 0.05, de los resultados obtenidos y basándonos al criterio de decisión se rechaza la hipótesis nula **H₀** y se acepta la hipótesis alternativa **H_a**: La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Comprobación del incremento tiempo medio entre fallas MTBF

Para obtener el resultado de la mejora se tendrá que cumplir el siguiente criterio:

<p>Si: Media Antes – Media Después = - BB \Rightarrow La Media Después es mayor</p>

Prueba de la media del tiempo medio entre fallas MTBF

Informe		
	MTBF Pre Tés	MTBF Pos Tés
Media	118,7288	247,900
N	30	30
Desv. Desviación	18,49035	54,0128

Entonces: $118.7288 - 247.900 = -129.1712$

Basándonos al criterio presentado podemos afirmar que si se produjo una mejora en el tiempo medio entre fallas MTBF

Conclusión:

Después de las tres pruebas realizadas se comprueba que el resultado del Pre-tés y el Pos-tés son diferentes, a raíz de ese se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa H_a . Finalmente se demostró gracias al cálculo de las medias que se produjo una mejora en el índice de mantenimiento programado ya que el promedio inicial fue de 118.7288 y la media final es de 247.900 el cual presenta un incremento en la media.

➤ Prueba estadística del Tiempo medio para restaurar MTTR

Prueba de normalidad del tiempo medio para restaurar.

Regla de decisión:

Si el P-valor $\leq 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento no paramétrico.

Si el P-valor $> 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento paramétrico.

Prueba de Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTTR Pre Tés	,159	30	,052	,915	30	,020
MTTR Pos tés	,128	30	,200*	,966	30	,436
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

En los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se puede constatar que el MTTR del Pre Tés es menor a 0.05 por lo tanto es una muestra no paramétrica y del MTTR del Pos Tés es de 0.436 el cual es mayor a 0.05 y representa una muestra paramétrica, por lo tanto, los datos tienen un comportamiento no paramétrico. Se concluye que en este caso se aplicará la prueba de Wilcoxon.

Planteamiento de las hipótesis nulas y la alternativa

H₀ = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

H_a= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Regla de decisión:

Si: $P\text{-valor} > \text{al nivel de significancia}$
 \Rightarrow Se acepta la **H₀**

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	MTTR Pos Tés – MTTR Pre Tés
Z	-4,782 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Los resultados obtenidos con la prueba de Wilcoxon muestran que el nivel de significancia es de 0.000 el cual es menor al 0.05, de los resultados obtenidos y basándonos al criterio de decisión se rechaza la hipótesis nula **H₀** y se acepta la hipótesis alternativa **H_a**: La mejora del proceso de mantenimiento preventivo disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Comprobación de la disminución del tiempo medio para restaurar MTTR

Para obtener el resultado de la mejora se tendrá que cumplir el siguiente criterio:

Si: $\text{Media Antes} - \text{Media Después} = - BB$
 \Rightarrow La Media Después es mayor

Prueba de la media del tiempo medio para restaurar MTTR

Informe		
	MTTR Pre Tés	MTTR Pos Tés
Media	14,1946	6,8865
N	30	30
Desv. Desviación	1,91197	,97003

Entonces: $14.1946 - 6.8865 = 7.8865$

Basándonos al criterio presentado podemos afirmar que no se produjo una mejora en el tiempo medio para reparar MTTR, lo cual se buscaba una reducción del tiempo.

Conclusión:

Después de las tres pruebas realizadas se comprueba que el resultado del Pre-tés y el Pos-tés son diferentes, a raíz de ese se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa H_a . Finalmente se demostró gracias al cálculo de las medias que se produjo una reducción en el tiempo medio para reparar ya que el promedio inicial fue de 14,1946 y la media final es de 6,8865, el cual presenta una reducción del tiempo deseado.

➤ Prueba estadística de la disponibilidad

Prueba de normalidad de la disponibilidad.

Regla de decisión:

Si el P-valor $\leq 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento no paramétrico.

Si el P-valor $> 0,05$ los datos procesados tienen un comportamiento paramétrico.

Prueba de Shapiro Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad Pre Tés	,294	30	,000	,670	30	,000
Disponibilidad Pos Tés	,131	30	,200*	,884	30	,003
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

En los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se puede constatar que la disponibilidad del Pre Tés es menor a 0.05 por lo tanto es una muestra no paramétrica y la disponibilidad del Pos Tés es de 0.003, el cual, es menor al 0.05 y representa una muestra no paramétrica, por lo tanto, los datos tienen un comportamiento no paramétrico. Se concluye que en este caso se aplicará la prueba de Wilcoxon.

Planteamiento de las hipótesis nulas y la alternativa

H₀ = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

H_a = La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Regla de decisión:

Si: $P\text{-valor} > \text{al nivel de significancia}$
 \Rightarrow Se acepta la H_0

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	Disponibilidad Pos Tés - Disponibilidad Pre Tés
Z	-4,782 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Los resultados obtenidos con la prueba de Wilcoxon muestran que el nivel de significancia es de 0.000 el cual es menor al 0.05, de los resultados obtenidos y basándonos al criterio de decisión se rechaza la hipótesis nula **H₀** y se acepta la hipótesis alternativa **H_a**: La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.

Comprobación del incremento de la disponibilidad

Para obtener el resultado de la mejora se tendrá que cumplir el siguiente criterio:

$$\begin{aligned} \text{Si: } & \text{Media Antes} - \text{Media Después} = -BB \\ & \Rightarrow \text{La Media Después es mayor} \end{aligned}$$

Prueba de la media de la disponibilidad

Informe		
	Disponibilidad Pre Tés	Disponibilidad Pos Tés
Media	,8926	,9723
N	30	30
Desv. Desviación	,00941	,00402

Entonces: $0.8926 - 0.9723 = -0.0797$

Basándonos al criterio presentado podemos afirmar que si se produjo una mejora en el promedio de la disponibilidad.

Conclusión:

Después de las tres pruebas realizadas se comprueba que el resultado del Pre-tés y el Pos-tés son diferentes, a raíz de ese se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa H_a . Finalmente se demostró gracias al cálculo de las medias que se produjo un incremento en la disponibilidad ya que el promedio inicial fue de 0.8926 y la media final fue de 0.9723 el cual representa un incremento en la disponibilidad.

Costo y beneficio

A continuación, se presentan los gastos que se generan al realizar los procedimientos de mantenimiento inadecuados, el tiempo de cálculo de los gastos de la tabla representan 30 semanas.

Tabla 24 Gastos de mantenimiento inadecuado

Ítem	Recursos	Costo
1	Pasajes del personal	S/ 1,200.00
2	Materiales	S/ 10,200.00
3	Repuestos	S/ 22,000.00
4	Sueldo horas extras del personal	S/ 2,300.00
5	Combustible del transporte para el personal	S/ 3,000.00
		S/ 38,700.00

Fuente: Propia

La tabla representa los gastos excesivos por la falta de un buen mantenimiento.

Tabla 25 Costo de los recursos para la mejora de procesos

Ítem	Recursos	Costo
1	Laptop Corel i7 marca ASUS	S/ 4,200.00
2	Impresora marca Epson	S/ 1,200.00
3	Archivador	S/ 30.00
4	Block	S/ 15.00
5	Artículos de escritorio	S/ 150.00
6	Termómetro marca Winter	S/ 350.00
7	Pinza amperimétrica	S/ 400.00
8	Cronómetro	S/ 259.00
9	Pasajes del personal	S/ 100.00
10	Materiales	S/ 2,000.00
11	Repuestos	S/ 6,000.00
12	Combustible del transporte para el personal	S/ 800.00
	TOTAL	S/ 15,504.00

Fuente: Propia

En la tabla se observa los costos que se emplean para realizar la mejora de los procesos de mantenimiento.

Tabla 26 Costo beneficio de la mejora del proceso de mantenimiento

Costo Beneficio		
Gastos incurridos por el deficiente mantenimiento realizado	Costo de la mejora de los procesos de mantenimiento	Benéfico
S/ 38,700.00	S/ 15,504.00	S/ 23,196.00

Fuente: Propia

En la tabla 5 se observa el beneficio que se obtendrá después de la mejora, representa el 23,196.00 nuevos soles.

IV. DISCUSIÓN

El trabajo presentado en esta investigación se propuso como objetivo la mejora de los procesos de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado en la empresa Termo Sistemas SAC, para poder determinar el cálculo de la disponibilidad se utilizó los índices como la confiabilidad y la mantenibilidad, estos indicadores resultaron los más adecuados ya que en mucho trabajos similares se obtuvieron buenos resultados, en la recolección de los datos como el tiempo de cada proceso realizado se trató de ser lo más parcialmente posible, para poder contar con datos precisos y no perjudicar a los técnicos presentes, el problema que se presentó a la hora de la recolección de los datos fue que algunos técnicos no quisieron participar ya que se sintieron presionados en realizar el trabajo en el menor tiempo posible, por tal motivo se les pidió que se detuvieran y así poder explicarles más detenidamente cual era el objetivo de esta toma de tiempos y que los resultados obtenidos serian para mejorar las condiciones de trabajo y poder proporcionarles tiempo adecuados en donde ellos pueda cómodamente cumplir con los mantenimientos adecuados, uno de los puntos débiles de este trabajo fue que solo se pudo realizar el estudio a tres trabajadores , pero pese a este debilidad, el trabajo que se presenta fue realizado tomando todas las precauciones posibles para así poder implementar unos nuevos procesos que no solo beneficiarán a la empresa sino a los clientes el cual Termo Sistemas presta servicio, con lo cual se incrementa también la satisfacción del cliente.

Este trabajo de investigación puede ser aplicado a todos los que requieran procesos de mantenimiento del equipo de aire acondicionado VRV, pues el proceso de mantenimiento se desarrolló con técnicos calificados con una gran experiencia en campo del aire acondicionado.

En este trabajo de investigación los datos que se obtuvieron de la confiabilidad fueron en el Pre-tés de 116.8 horas y en el Pos-tés de 237.86 horas, por el cual se demuestra que se ha producido una mejora en el proceso de confiabilidad. El resultado se puede constatar en la tesis del autor Baruch Gómez, donde en su trabajo “Implementación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la confiabilidad de los equipos de frío en el área de mantenimiento. Empresa Jochemai SAC” aplicando esta técnica logra mejorar la confiabilidad de la producción de los equipos de frío, donde obtuvo como resultado en las 12 semanas de estudio una mejora en el Tiempo medio entre fallas donde se inició con el

tiempo de 302.1667 horas, logrando una mejora de 573.9167 horas. Donde se puede constatar que los resultados obtenidos por el autor tienen una proporción similar a los resultados obtenidos en esta tesis.

En los indicadores de la mantenibilidad aplicando los nuevos procesos se obtuvo una mejora donde se inició con el Pre-tés con un tiempo de 13.98 horas y en el Pro-tés un tiempo de 6.77 horas, donde se puede observar una mejora en la reducción de horas de reparación. Estos resultados son comparables con el autor Quiliche Jhon, donde en su tesis “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y Molienda de la Empresa Casa Grande S.A.A.” Aplicando el plan de mantenimiento preventivo en el área de Molienda donde se logra mejorar el Tiempo medio para restaurar MTTR, el cual se inicia con un tiempo de 36.31 horas y después de la mejora se alcanzó 12.85 horas, logrando reducir el tiempo de reparación de los equipos de Molienda. Donde se puede observar que el tiempo de reparación de los resultados obtenidos por el autor Jhon son similares a este trabajo de investigación donde también se logra reducir el tiempo de reparación.

Logrando la mejora de los procesos de mantenimiento preventivo a los equipos de aire acondicionado volumen de refrigerante variable se alcanzó una mejora en la disponibilidad, obteniendo en el Pre-tés un 89.32% de disponibilidad y en el Pos-tés un 97.30%. Como se puede observar después de la mejora del proceso de mantenimiento se logró incrementar la disponibilidad en un 7.98%. Los datos alcanzados en la disponibilidad de esta investigación son semejantes a la desarrollada por el autor Zavala Maycold, en su tesis “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos en Essalud – Virú 2018”, donde implementa un plan de mantenimiento a los equipos de Essalud logrando de esta manera mejorar la disponibilidad en donde inicio con un porcentaje de 90%, y al finalizar la implementación se logró mejorar la disponibilidad hasta un porcentaje de 98%. En esta tesis se puede observar que los resultados obtenidos por el autor Zavala tienen un comportamiento similar a los datos obtenidos en este trabajo, cabe mencionar que en esta tesis se obtuvo un porcentaje mayor a la del autor Zavala.

Discusión de la Hipótesis nula y alternativa

Para realizar la prueba de hipótesis se determina a través de la prueba de Wilcoxon, ya que los resultados obtenidos fueron no paramétricos, la regla de decisión para determinar que se produjo una mejora fue la siguiente.

Si: $P\text{-valor} > \text{al nivel de significancia}$
 \Rightarrow Se acepta la H_0

En donde:

- P- valor: nivel de significancia de la prueba
- Nivel de significancia: 0.05

Tabla 27 Cuadro de contrastación de la hipótesis

Contrastación de la hipótesis Nula H_0 y Alternativa H_a		P - valor	Nivel de significancia
Hipótesis general	<p>H_0= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p> <p>H_a= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p>	0.000	0.05
Hipótesis específica 1	<p>H_0= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p> <p>H_a= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo incrementa la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p>	0.000	0.05
Hipótesis específica 2	<p>H_0= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo no disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p> <p>H_a= La mejora del proceso de mantenimiento preventivo disminuye la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado de la empresa Termo Sistemas S.A.C. Ate, 2019.</p>	0.000	0.05

En tabla se observa que el P-Valor es menor que el nivel de significancia, por lo tanto basandose al criterio de decisión se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

V. CONCLUSIONES

- a. Se concluye que al realizar un buen análisis de causa – efecto de los problemas se desarrolla un buen proceso de mantenimiento, mejorando la confiabilidad y mantenibilidad logrando de esta manera incrementar la disponibilidad de un 89.32% a 97.30%.

- b. Aplicando los nuevos procesos de mantenimiento se concluye que, al realizar un buen proceso de mantenimiento preventivo, se incrementa la confiabilidad de 116.8 horas a 237.86 horas, logrando en esta tesis una mejora de 121.06 horas en el Tiempo medio entre fallas.

- c. Se concluye que realizando un adecuado análisis de los puntos críticos se puede generar un buen proceso de mantenimiento, con lo cual se logró mejorar la mantenibilidad reduciendo el tiempo de reparación de 13.98 horas a 6.77 horas.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado se recomienda desarrollar un buen proceso de mantenimiento, definiendo claramente los puntos críticos donde se pondrá mayor énfasis en la búsqueda de las causas que origina una baja disponibilidad, con lo cual se podrá realizar un correcto proceso de mantenimiento y de esta manera incrementar eficientemente la disponibilidad.

- b. Se recomienda que para incrementar de una manera mas eficiente la confiabilidad, se realice la toma de tiempos a un número mayor de técnicos y de esta manera poder desarrollar un buen proceso de mantenimiento con tiempos adecuados.

- c. Para reducir el tiempo de reparación se recomienda llevar un control adecuado de la ejecución de cada trabajo y de esta manera poder mejorar constantemente el proceso de mantenimiento preventivo, de los equipos de aire acondicionado volumen de refrigerante variable, con lo cual se reducirá el tiempo de reparación.

REFERENCIAS

AHMAD, Shafit. Analyzing Critical Failures in a Production Process: Is Industrial IoT the Solution? *Wireless Communications & Mobile Computing*. [En línea]. 3 diciembre 2018, Vol. 10. [Fecha de consulta:16 de abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.86c2a1a1e88a4dec89a768ea30e2b0d6&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1530-8669

AMENDOLA, Luis, ARTACHO, Miguel y DEPOOL, Tibaire. Análisis de los factores clave para mejorar la gestión del mantenimiento en la industria de oil&gas en América Latina. *Ingeniería e Industria*, [En línea]. Octubre 2017, Vol. 92. n.º 5. [Fecha de consulta:16 de Abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=125061723&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0012-7361

ANÁLISIS del protocolo de kyoto. Asamblea Nacional. Enero del 2012.

Disponible en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Internacionales.nsf/xsp/.ibmmodes/dominio/OpenAttachment/Internacionales.nsf/ACC9ACA0357C25DD06257AD3007A5365/Adjuntos/protocolo%20Kyoto%20Analisis.pdf>

BATARSEH, Feras y GONZALEZ, Avelino. Predicting failures in agile software development through data analytics. *Software Quality Journal*. [En línea]. 9 de agosto 2015, Vol. 26, nº 1. [Fecha de consulta:21 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=128149627&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0963-9314

BENÍTEZ, Reinaldo y otros. Assessment of components of operational reliability in walk-in freezer. *Ingeniería Mecánica*, [En línea]. Agosto 2016, [Fecha de consulta: 23 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S1815.59442016000200002&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1815-5944

BERNAL, César. *Metodología de la Investigación*. 3.ª ed. Colombia : Pearson Educación, 2010. 106pp.

ISBN: 9789586991285

CALLONI, Juan. Mantenimiento Eléctrico y Mecánico para pequeñas y medianas Empresas. Nobuko: Buenos Aires-Argentina, 2004. 280pp.

ISBN: 9871135270, 9789871135271

COLMENARES, G Y VILLALOBOS, E. Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo. Ingenium Revista de la facultad de ingeniería, [En línea]. Jul-dic 2014, Vol. 15 Issue. 30. [Fecha de consulta: 22 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.2CC01E15&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0124-7492

CÓRDOVA, Manuel. Estadística descriptiva e inferencial. 5.^a ed. Perú: Moshera SRL, 2003. 495pp.

ISBN: 9972-813-05-3, 9789972813054

CREUS, Antonio. Fiabilidad y seguridad de procesos industriales. Vanguard Gráfico: Marcombo España, 1991. 128pp.

ISBN: 8426708153, 9788426708151

CRUZ, Antonio, y otros. Sistema informático de gestión para planificar el mantenimiento preventivo de equipos médicos. Ingeniería Electrónica, [En línea]. Enero 2000, Vol. 21, n.º 1. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=26305920&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0258-5944

DÍAZ, Armando, y otros. Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica, [En línea]. Sep-dic 2016, Vol. 19, Issue 3. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=118565036&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1029-516X

DIAZ, Ronal y DE LA PAZ, Estrella. Procedimiento para la planeación integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico. Ingeniería Industrial, [En línea]. abril 2019, Vol. 37, n.o 1. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S1815.59362016000100005&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1515-5936

FERNÁNDEZ, Emilio y VICTORI, Nadia. El mantenimiento preventivo planificado en las instalaciones hoteleras una prioridad insoslayable. Retos Turísticos, [En línea]. Enero 2010, Vol. 9, n°1. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=108726781&lang=es&site=eds-live>.

ISSN: 1681-9713

FONSECA, Milton, y otros. Maintenance Tools applied to Electric Generators to Improve Energy Efficiency and Power Quality of Thermoelectric Power Plants. Energies (19961073). [En línea]. 26 julio 2017, Vol. 10, n.º 8. [Fecha de consulta: 19 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.15D89B3E&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1996-1073

GARCÍA, Oliveiro. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. 1.a ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2012. 170pp.

ISBN: 9789587620511

GÓMEZ, Félix. Tecnología del mantenimiento industrial. 1a. ed. Servicio de publicaciones: Universidad de Murcia ,1998. 341pp.

ISBN: 8483710080, 9788483710081

GÓMEZ, Jonatan. Implementación de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la confiabilidad de los equipos de frío en el área de mantenimiento. Tesis (Para obtener el título de: Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.FC1AA9DA&lang=es&site=eds-live>.

GÓNZALES Adrianza, Maritzabel. Plan de mantenimiento preventivo para equipos rotativos en instalaciones de centros comerciales tipo Mall. Tesis (Magister en Gerencia de Mantenimiento). Maracaibo-Venezuela: Universidad de Zulia, Facultad de Ingeniería, 2013. 163pp.

GONZÁLES, Francisco. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 2.a ed. Madrid: FC Editorial, 2005. 575pp.

ISBN: 8496169499

HERNÁNDEZ, Benjamín. Técnica estadística de investigación social. Madrid: Ilustrated Edición Díaz de Santos, 2001. 336pp.

ISBN: 8479785055

HERRERA, Michael y DUANY, Yoenia. Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Ingeniería Industrial, [En línea]. Enero-abril 2016, Vol. 37, n°1. [Fecha de consulta:15 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=113479163&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 02585960

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 634pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDES, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 5.a ed. México: Interamericana Editores S.A., 2010. 656pp.

ISBN: 9786071502919.

HISPANIACLIMA. 2018. Hispaniaclima. [En línea] 16 de enero de 2018. [Citado el: 9 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://hispaclima.com/es/importancia-mantenimiento-aire-acondicionado/>.

HOLGUÍN, Mauricio, y otros. Optimal state selection and tuning parameters for a degradation model in bearings using Mel-Frequency Cepstral Coefficients and Hidden Markov Chains. INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería. [En línea]. 14 de enero de 2016, Vol. 24, n° 4. [Fecha de consulta:21 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=119800939&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0718-3291

HUERTAS, Rubén y DOMÍNGUEZ, Rosa. Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas de servicios y turísticas. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2015. 258pp.

ISBN: 8447532623, 9788447532629

LA VENTA de aire acondicionado en España. ALIMARKET. 13 de febrero de 2018.

Disponible en: <https://www.alimarket.es/electro/noticia/262437/la-venta-de-aire-acondicionado-en-espana-crecio-un-11-76--en-2017>.

LOZANO, J, y otros. Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. [En línea]. 11 noviembre 2016, Vol. 90, n.º 9. [Fecha de consulta:20 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.491617122&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0268-3768

EL CALENTAMIENTO global empeora. The New York Times. 22 de enero de 2018.

Disponible en: <https://www.nytimes.com/es/2018/01/22/temperaturas-mundo-record-calor/>.

MAESTRE, José. Domótica para ingenieros. ed. Paraninfo: España, 2015. 318pp.

ISBN: 8497329767, 9788497329767

MALHOTRA, Naresh. Investigación de mercados: un enfoque aplicativo. 4.a ed. Pearson Educación: México, 2004. 816pp.

ISBN: 9702604915, 9789702604914

MEYERS, Fred. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. 3.a ed. Pearson Prentice Hall: México, 2006. 508pp.

ISBN: 9702607493, 9789702607496.

MILTON, Junio y otros. Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. DYNA, [En línea]. Diciembre 2015. Vol. 82, Issue 194. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=111832740&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 2346-2183

MINTEH, Mustapha, y otros. Assessment of the impact of preventive maintenance strategy on reliability indicators of a rice combine harvester in the Gambia. Academic Search Complete, [En línea]. Abril 2019, Vol. 21, n.º1. [Fecha de consulta: 14 de abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=136169137&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1682-1130

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 3.^a ed. Aladon: Edwards Broymers Lillington, EEUU, 2004. 433pp.

ISBN: 0953960323

MUÑUMEL Mesa, José. Propuesta de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del centro Monaca. Tesis (Para obtener el título de: Ingeniero Mecánico). Sartenejas – Venezuela: Universidad Simón Bolívar, Decanato de Estudios Profesionales, 2012. 130pp.

OLASUNKANMI, O, y otros. Reliability Assessment of a Gas Generating Station in Ogun State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, [En línea]. Junio de 2018, Vol. 22, n.º6. [Fecha de consulta:22 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.4077871A&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1119-8362

PALACIO, Luz, TAPIA, Heberto y SALDARRIAGA, Carlos. *Métodos y algoritmos de diseño en ingeniería química*. 1.a ed. Colombia: Universidad de Antioquia, 2005. 105pp.

ISBN: 958-655-848-5, 9789586558488

PAPROCKA, Iwona y SKOŁUD, Bożena. A hybrid multi-objective immune algorithm for predictive and reactive scheduling. *Journal of Scheduling*. [En línea]. 26 de setiembre 2016, Vol. 20, n.º2. [Fecha de consulta: 4 de abril del 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=122081971&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1094-6136.

PÉREZ, José. *Gestión por Procesos*. 4.a ed. Gráfica Dehon: Madrid, 2010. 335pp.

ISBN: 9788473566971

PISTARRELLI, Alejandro. *Manual de mantenimiento*. Buenos Aires: Sophie le conte, 2010. 969pp.

ISBN: 9789870584209

QIN, Jing, y otros. A Maximum Entropy Multisource Information Fusion Method to Evaluate the MTBF of Low-Voltage Switchgear. *Discrete Dynamics in Nature & Society*. [En línea]. 7 de mayo 2018, [Fecha de consulta:15 de abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=12947679&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1026-0226

QUILICHE, Jhon. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y Molienda de la Empresa Casa Grande S.A.A. Tesis (Para obtener el título de: Ingeniero Industrial)*. Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.8C823442&lang=es&site=eds-live>.

RETANA, Brenda y AGUILAR, Myrna. Ingeniería de métodos. [En línea] 23 de Agosto de 2013. [Citado el: 14 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ingenieria-de-procesos-de-fabricacion/ingenieria-de-metodos/unidad-2-ocw>.

REY, Francisco. Mantenimiento total de la producción (TPM). Fc Editorial: España, 2001. 350pp.

ISBN: 8495428490, 9788495428493

RIBA, Carles. Diseño concurrente. Ilustrada: Univ. Politéc. de Catalunya, 2002. 226pp.

ISBN: 8483015986, 9788483015988.

RUIZ, Rafael. Mantenimiento preventivo de redes de distribución de agua y saneamiento. 1.^a ed. IC Editorial: 29200 Antequeda, Málaga, 2014. 142pp.

ISBN: 9788417086404

SÁNCHEZ, Avila y otros. Desarrollo y aplicación del diagnóstico y pronóstico técnico al mantenimiento de los sistemas centralizados de aire acondicionado. Ingeniería Mecánica, [En línea]. 14 de enero del 2000, Vol. 4, n° 4 [Fecha de consulta: 21 de abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=32652845&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1029-516X

SÁNCHEZ Haro, Miguel y otros. Planeación del Mantenimiento Preventivo de una unidad Tipo Paquete de Aire Acondicionado, Propiedad de Areoméxico Ubicado en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Tesis (Para obtener el título de: Ingeniero Mecánico). México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2007. 190pp.

SANTIAGO, Victorino y BARRENECHE, Raúl. Acondicionamiento térmico de edificios. 1.a ed. Buenos Aires : Nobuko , 2005. 371pp.

ISBN: 9871135947

SINGH, Jagdeep y SINGH, Harwinder Evaluation of Kaizen Technique Across Manufacturing Unit—A Case Study. Productivity. [En línea]. Junio 2016, Vol. 57, n.º 1. [Fecha de consulta: 18 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=115792970&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 00329924

SERRANO, Jorge. Manual de Aire Acondicionado y Ventilación industrial 1. 1.a ed. Buenos Aires : VWG Studio , 2013. 650pp.

ISBN: 9780988629820.

SRINIVAS, Jalla y CLINTON, Davis. Data-Driven Approach for Improving Asset Reliability. American Water Works Association. [En línea]. Abril 2019, Vol. 111, n°4. [Fecha de consulta:17 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=135712286&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0003-150X

TABUYO, Marizol. Organización y gestión de los procesos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales. 5.a ed. Elearning S.L: España, 2015. 460pp.

ISBN: 9788416492978

TAVARES, Lourival. Administración Moderna de mantenimiento. Novopolo: Rio de Janeiro Brasil, 1999. 155pp.

ISBN: 9788494187278

TRICOMI, Ermest. ABC del aire acondicionado. ed. Marcombo: España, 1986. 148pp.

ISBN: 8426702376, 9788426702371

UNZUETA Aranguren, G., y otros. Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado. Ingeniería e Industria, [En línea]. 10 de febrero del 2014, Vol. 89. n°3. [Fecha de consulta:13 de abril].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=96320421&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0012-7361

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de la investigación científica: cualitativa cuantitativa y mixta. 5.a ed. Lima: Editorial San Marcos de Anival Jesús Paredes Galván, 2015. 495pp.

ISBN: 9786123028787

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Perú: San Marcos, 2014. 215pp.

ISBN: 978-612-302878-7

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para la elaboración de proyectos de investigación científica. Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. 2.a ed. Lima: San Marcos, 2013. 495pp.

ISBN: 6123028782, 978-612-302-878-7

WAN, Muhamad, WAN, Mansor, MESERET, Nasir y RAJA, Aziz. Reliability based Redundancy Assessment of a Cogeneration Plant. *Pertanika Journal of Science & Technology*, [En línea]. enero 2019, Vol. 27, n°1. [Fecha de consulta:23 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=134814536&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0128-7680.

WAKIRI, J, y otros. Maintenance Optimization: Application of Remanufacturing and Repair Strategies. In 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, [En línea]. 2 mayo 2018, [Fecha de consulta:19 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.D265D437&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 2212-8271

YINGJIE, Zhang y LILING, Ge. Reliability analysis of machining systems by considering system cost. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. [En línea]. 30 de octubre 2013, Vol. 28, n°8. [Fecha de consulta:23 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=102714963&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0951-192X

YING, Zhang, y otros. Calculating method of MTBF for integrated circuit. *Journal of Physics: Conference Series*, [En línea]. 14 mayo 2018, Vol. 1053, Issue 1. [Fecha de consulta:12 de abril de 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=130925599&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 17426588

ZAVALA, Maycold. Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos en Essalud. Tesis (Para obtener el título de: Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26894>

ZHANG, Ding, y otros. Reliability evaluation and component importance measure for manufacturing systems based on failure losses. *Journal of Intelligent Manufacturing*, [En línea]. 23 de marzo 2015, Vol. 28, n°8. [Fecha de consulta:24 de abril 2019].

Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgao&AN=edsgcl.511784071&lang=es&site=eds-live>

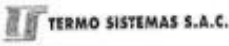

ISSN: 0956-5515

ZHANG, Ying, y otros. Calculating method of MTBF for integrated circuit. Serie de conferencias, [En línea]. 06 de mayo 2019, Vol. 1053, n°1. [Fecha de consulta:12 de abril de.2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=130925599&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 17426588

ANEXO

1. Toma de tiempos del trabajador 1


		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Compresor	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	3 minutos	
2	Megado del bobinado eléctrico	5 minutos	
3	Prueba mecánica de la línea alta presión del compresor	20 minutos	
4	Prueba mecánica de la línea baja presión del compresor	15 minutos	
5	Limpieza de las borneras de conexión del motor	5 minutos	
6	Lijado y pintado de la carcasa	21 minutos	
16	Desbloqueo del tablero eléctrico	3 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del compresor	20 minutos	
19	Control de presión de gas de la línea alta y baja	10 minutos	
20	Llenado de la hoja técnica	5 minutos	
21	Entrega del trabajo al supervisor del área	15 minutos	
		Tiempo total	122 minutos
 MANUEL ROJAS CORDOVA Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo		Trillium - San Isidro	
Fecha de ejecución del trabajo:		T-1 15-10-2018	


TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Evaporador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	4 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	12 minutos	
3	Desmontaje del evaporador	24 minutos	
4	Traslado del evaporador al lugar de mantenimiento (azotea o sótano	4 minutos	
5	Desmontaje de partes del evaporador	16 minutos	
6	Mantenimiento a la tarjeta electrónica	9 minutos	
7	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	11 minutos	
8	Lavado del serpentín con hidrolavadora	28 minutos	
9	Mantenimiento al ventilador centrífugo	19 minutos	
10	Engrasado de la bocina del ventilador	4 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del evaporador	22 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	28 minutos	
13	Armado de las piezas del evaporador	9 minutos	
14	Traslado del evaporador al lugar de instalación	6 minutos	
15	Montaje del evaporador a su lugar	11 minutos	
16	Apertura de la válvula de alta y baja presión	4 minutos	
17	Desbloqueo del tablero eléctrico	6 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del evaporador	4 minutos	
19	Llenado de la hoja técnica	6 minutos	
20	Entrega del trabajo al supervisor del área	12 minutos	
		Tiempo total	239 minutos
<p><u>Geor Gran Barber Mucha Piña</u> Técnico encargado del trabajo realizado</p>		<p>Persona encargada de la toma de tiempos</p>	
<p>Lugar de trabajo</p>		<p><u>Torre III - San Borja</u></p>	
<p>Fecha de ejecución del trabajo:</p>		<p><u>T-1 15-10-2018</u></p>	

TERMO SISTEMAS S.A.S.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Condensador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	4 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	6 minutos	
3	Desmontaje de partes del condensador	21 minutos	
4	Desmontaje del motor - ventilador	8 minutos	
5	Mantenimiento al motor - ventilador	16 minutos	
6	Engrasado de la bocina del ventilador	4 minutos	
7	Megado del motor - ventilador (mínimo 2 mega-ohmios)	6 minutos	
8	Mantenimiento a la tarjeta electrónica y componentes eléctricos	19 minutos	
9	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	14 minutos	
10	Lavado del serpentín con hidrolavadora	16 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del condensador	31 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	39 minutos	
13	Armado de las piezas del condensador	24 minutos	
14	Desbloqueo del tablero eléctrico	5 minutos	
15	Apertura de la válvula de alta y baja presión	4 minutos	
16	Prueba de funcionamiento del condensador	18 minutos	
17	Control de presión de gas de la línea alta y baja	9 minutos	
18	Llenado de la hoja técnica	6 minutos	
19	Entrega del trabajo al supervisor del área	13 minutos	
		Tiempo total	263 minutos
<p><i>[Firma]</i> <u>Orlando Muñoz Mucha</u> Técnico encargado del trabajo realizado</p>		<p>Persona encargada de la toma de tiempos</p>	
<p>Lugar de trabajo</p>		<p><u>Torre III - San Boya</u></p>	
<p>Fecha de ejecución del trabajo:</p>		<p><u>E-1 15-10-2018</u></p>	


2. Toma de tiempos del trabajador 2


TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Compresor	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	2 minutos	
2	Megado del bobinado eléctrico	6 minutos	
3	Prueba mecánica de la línea alta presión del compresor	18 minutos	
4	Prueba mecánica de la línea baja presión del compresor	14 minutos	
5	Limpieza de las bornas de conexión del motor	8 minutos	
6	Lijado y pintado de la carcasa	22 minutos	
16	Desbloqueo del tablero eléctrico	5 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del compresor	16 minutos	
19	Control de presión de gas de la línea alta y baja	22 minutos	
20	Llenado de la hoja técnica	7 minutos	
21	Entrega del trabajo al supervisor del área	16 minutos	
		Tiempo total	126 minutos
<p><i>Gian Carlos Muñoz Quira</i> Técnico encargado del trabajo realizado</p>		<p>Persona encargada de la toma de tiempos</p>	
<p>Lugar de trabajo</p>		<p><i>Torre III - San Boya</i></p>	
<p>Fecha de ejecución del trabajo:</p>		<p><i>F-2 17-10-2018</i></p>	


TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Evaporador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	3 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	11 minutos	
3	Desmontaje del evaporador	26 minutos	
4	Traslado del evaporador al lugar de mantenimiento (azotea o sótano	7 minutos	
5	Desmontaje de partes del evaporador	17 minutos	
6	Mantenimiento a la tarjeta electrónica	9 minutos	
7	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	13 minutos	
8	Lavado del serpentín con hidrolavadora	29 minutos	
9	Mantenimiento al ventilador centrífugo	21 minutos	
10	Engrasado de la bocina del ventilador	5 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del evaporador	21 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	31 minutos	
13	Armado de las piezas del evaporador	12 minutos	
14	Traslado del evaporador al lugar de instalación	4 minutos	
15	Montaje del evaporador a su lugar	12 minutos	
16	Apertura de la válvula de alta y baja presión	5 minutos	
17	Desbloqueo del tablero eléctrico	4 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del evaporador	6 minutos	
19	Llenado de la hoja técnica	4 minutos	
20	Entrega del trabajo al supervisor del área	11 minutos	
		Tiempo total	251 minutos
 Juan Rojas Cordova Técnico encargado del trabajo realizado		 Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo:		Banco Continental - San Isidro	
Fecha de ejecución del trabajo:		T-2 17-10-2018	

TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Condensador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	3 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	4 minutos	
3	Desmontaje de partes del condensador	22 minutos	
4	Desmontaje del motor - ventilador	6 minutos	
5	Mantenimiento al motor - ventilador	14 minutos	
6	Engrasado de la bocina del ventilador	5 minutos	
7	Megado del motor - ventilador (mínimo 2 mega-ohmios)	4 minutos	
8	Mantenimiento a la tarjeta electrónica y componentes eléctricos	21 minutos	
9	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	16 minutos	
10	Lavado del serpentín con hidrolavadora	14 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del condensador	32 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	41 minutos	
13	Armado de las piezas del condensador	26 minutos	
14	Desbloqueo del tablero eléctrico	4 minutos	
15	Apertura de la válvula de alta y baja presión	5 minutos	
16	Prueba de funcionamiento del condensador	21 minutos	
17	Control de presión de gas de la línea alta y baja	7 minutos	
18	Llenado de la hoja técnica	7 minutos	
19	Entrega del trabajo al supervisor del área	14 minutos	
		Tiempo total	266 minutos
 MANUEL ROSAS CORDOVA Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo:		Tiquin - San Pedro	
Fecha de ejecución del trabajo:		F-2 17-10-2018	

3. Toma de tiempos del trabajador 3

TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Compresor	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	4 minutos	
2	Megado del bobinado eléctrico	7 minutos	
3	Prueba mecánica de la línea alta presión del compresor	22 minutos	
4	Prueba mecánica de la línea baja presión del compresor	16 minutos	
5	Limpieza de las bornas de conexión del motor	7 minutos	
6	Lijado y pintado de la carcasa	20 minutos	
16	Desbloqueo del tablero eléctrico	4 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del compresor	20 minutos	
19	Control de presión de gas de la línea alta y baja	13 minutos	
20	Llenado de la hoja técnica	6 minutos	
21	Entrega del trabajo al supervisor del área	17 minutos	
		Tiempo total	136 minutos
 <u>Juan Rojas Cordova</u> Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo		<u>Banco Continental - San Isidro</u>	
Fecha de ejecución del trabajo:		<u>7-3 19-10-2018</u>	

TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Evaporador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	6 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	9 minutos	
3	Desmontaje del evaporador	25 minutos	
4	Traslado del evaporador al lugar de mantenimiento (azotea o sótano	4 minutos	
5	Desmontaje de partes del evaporador	15 minutos	
6	Mantenimiento a la tarjeta electrónica	8 minutos	
7	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	11 minutos	
8	Lavado del serpentín con hidrolavadora	30 minutos	
9	Mantenimiento al ventilador centrifugo	23 minutos	
10	Engrasado de la bocina del ventilador	7 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del evaporador	24 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	27 minutos	
13	Armado de las piezas del evaporador	10 minutos	
14	Traslado del evaporador al lugar de instalación	6 minutos	
15	Montaje del evaporador a su lugar	12 minutos	
16	Apertura de la válvula de alta y baja presión	4 minutos	
17	Desbloqueo del tablero eléctrico	5 minutos	
18	Prueba de funcionamiento del evaporador	6 minutos	
19	Llenado de la hoja técnica	6 minutos	
20	Entrega del trabajo al supervisor del área	13 minutos	
		Tiempo total	258 minutos
 <u>SAMUEL ROJAS CORCUERA</u> Técnico encargado del trabajo realizado		_____ Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo:		<u>Trillium - San Isidro</u>	
Fecha de ejecución del trabajo:		<u>T-3 19-10-2018</u>	

TERMO SISTEMAS S.A.C.		Formato de toma de tiempos del proceso de Mantenimiento del Condensador	
Nº	Tareas a realizar	Tiempo de ejecución	
1	Bloqueo del sistema eléctrico	5 minutos	
2	Cierre de válvula de gas de alta y baja presión	5 minutos	
3	Desmontaje de partes del condensador	20 minutos	
4	Desmontaje del motor - ventilador	9 minutos	
5	Mantenimiento al motor - ventilador	15 minutos	
6	Engrasado de la bocina del ventilador	13 minutos	
7	Megado del motor - ventilador (mínimo 2 mega-ohmios)	5 minutos	
8	Mantenimiento a la tarjeta electrónica y componentes eléctricos	20 minutos	
9	Rociado del alki.foam al serpentín y dejar reposar	17 minutos	
10	Lavado del serpentín con hidrolavadora	16 minutos	
11	Mantenimiento a toda la carcasa del condensador	30 minutos	
12	Lijado y pintado de espacios oxidados	40 minutos	
13	Armado de las piezas del condensador	26 minutos	
14	Desbloqueo del tablero eléctrico	6 minutos	
15	Apertura de la válvula de alta y baja presión	6 minutos	
16	Prueba de funcionamiento del condensador	22 minutos	
17	Control de presión de gas de la línea alta y baja	10 minutos	
18	Llenado de la hoja técnica	6 minutos	
19	Entrega del trabajo al supervisor del área	15 minutos	
		Tiempo total	276 minutos
 Juan Rojas Cordova Técnico encargado del trabajo realizado		Persona encargada de la toma de tiempos	
Lugar de trabajo		Banco Centinental - San Isidro	
Fecha de ejecución del trabajo:		T-3 19-10-2018	