



FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
DE AIRE ACONDICIONADO EN LA EMPRESA COOL
LIDER TECH S.A.C”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional
de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach.Arce Carrazco, Gino

Bach.Moreno Tenorio, Gary Pierre

Asesor:

Dr. Ing. Durand Porras, Juan Carlos

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

La investigación está dedicada a Dios, a mis padres, Edwin Benny y Rosa Yolanda; a mis hermanos, Rudy Wesley y Leslie Ivonn; Por ser un ejemplo para logro de esta y todas mis metas Propuestas.

La investigación está dedicada a Dios, a mis padres, Fermín Adon y Georgina, a mi esposa, Giuliana; a mis hijos, Caleb y Sebastián; quienes me dan la fortaleza para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la empresa COOL LIDER TECH S.A.C., por permitirnos desarrollar todos los conocimientos adquiridos por la Universidad Privada del Norte, y plasmarla en sus instalaciones.

Así mismo agradecemos a la Universidad Privada del Norte por brindarnos las herramientas necesarias para poder alcanzar nuestros objetivos.

Tabla de Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
2. CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	20
3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	42
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS	95
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	102
REFERENCIAS	108
ANEXOS	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Información de la empresa	11
Tabla 3.1. Tiempo medio entre fallas (escenario previo).....	42
Tabla 3.2. Tiempo medio entre reparaciones (escenario previo)	43
Tabla 3.3. Disponibilidad (escenario previo)	46
Tabla 3.4. Análisis de Pareto	50
Tabla 3.5. Planificación de la implementación realizada	55
Tabla 3.6 Diagrama de operación del proceso preventivo	59
Tabla 3.7 Indicadores de metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional para un Chiller promedio	60
Tabla 3.8 Indicadores Promedio (previo – posterior) de metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional para los equipos Chillers.....	60
Tabla 3.9. Cronograma mensual de capacitaciones.....	64
Tabla 3.10. Nivel de conocimiento de los trabajadores.....	72
Tabla 3.11. Ficha de datos de tiempo medio entre fallas	76
Tabla 3.12. Promedio de tiempo medio entre fallas	78
Tabla 3.13. Promedio de tiempo medio entre fallas (previo – posterior) de metodología RCM.	78
Tabla 3.14. Ficha de datos de tiempo medio para reparaciones	84
Tabla 3.15. Diagrama de operación del proceso correctivo	86
Tabla 3.16. Diagrama de análisis del proceso correctivo	87
Tabla 3.17. Promedio de tiempo medio para reparaciones.....	89
Tabla 3.18. Promedio de tiempo medio para reparaciones (previo – posterior) de metodología RCM.	89
Tabla 3.19. Detalle de costos de reparación de equipos Chiller.....	91
Tabla 3.20. Costo total de reparaciones de equipos Chiller	92
Tabla 3.21. Promedio del Costo total de reparaciones de equipos Chiller (previo – posterior) de metodología RCM.	94
Tabla 4.1. Ficha de datos de disponibilidad de equipos chiller.....	97
Tabla 4.2. Promedios de disponibilidad de equipos chiller.....	100
Tabla 4.3. Promedio de la Disponibilidad de los equipos Chiller (previo – posterior) de metodología RCM	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación	11
Figura 1.2 Organigrama.....	12
Figura 2.1 Fundamentos para el RCM	28
Figura 2.2 Pasos para mejorar las fallas con RCM.....	32
Figura.2.3 Características del aire acondicionado	35
Figura 2.4 Componentes del aire acondicionado.....	36
Figura 2.5. Temperatura en los sistemas de aire acondicionado	37
Figura 3.1 Tiempo medio entre fallas (escenario previo).....	43
Figura 3.2 Tiempo medio para reparaciones (escenario previo)	44
Figura 3.3 Disponibilidad (escenario previo)	46
Figura.3.4 Diagrama de Ishikawa.....	48
Figura 3.5 Diagrama de Pareto	51
Figura 3.6 Ambiente de trabajo desordenado a falta de una metodología	52
Figura 3.7 Personal sin experiencia para hacer las labores	53
Figura 3.8 Ausencia de fichas de registro para las fallas.....	54
Figura 3.9 Reporte de mantenimiento	56
Figura 3.10 Check list de labores de mantenimiento.....	58
Figura 3.11 Comportamiento de la metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional	61
Figura 3.12 Labores de mantenimiento	61
Figura 3.13 Diapositivas del taller de capacitación 1	62
Figura 3.14 Diapositivas del taller de capacitación 2.....	62
Figura 3.15 Diapositivas del taller de capacitación 3	63
Figura 3.16 Diapositivas del taller de capacitación 4.....	63
Figura 3.17 Evaluación previa del trabajador 1	65
Figura 3.18 Evaluación posterior del trabajador 1	65
Figura 3.19 Evaluación previa del trabajador 2.....	66
Figura 3.20 Evaluación posterior del trabajador 2	66
Figura 3.21 Evaluación previa del trabajador 3.....	67
Figura 3.22 Evaluación posterior del trabajador 3	67
Figura 3.23 Evaluación previa del trabajador 4.....	68

Figura 3.24 Evaluación posterior del trabajador 4	68
Figura 3.25 Evaluación previa del trabajador 5.....	69
Figura 3.26 Evaluación posterior del trabajador 5	69
Figura 3.27 Evaluación previa del trabajador 6.....	70
Figura 3.28 Evaluación posterior del trabajador 6	70
Figura 3.29 Registro de asistencia de la capacitación	71
Figura 3.30 Comparación de los niveles de conocimiento de los trabajadores.....	73
Figura.3.31 Taller 1	74
Figura 3.32 Taller 2	74
Figura 3.33 Taller 3	74
Figura 3.34 Taller 4	75
Figura 3.35 Labores de mantenimiento (I)	77
Figura 3.36 Labores de mantenimiento (II).....	77
Figura 3.37 Equipo analógico usado para la medición de parámetros de los equipos de aire acondicionado.....	79
Figura 3.38 Equipo digital usado para la medición de parámetros de los equipos de aire acondicionado.....	79
Figura.3.39 Reporte de mantenimiento	80
Figura.3.40 Evolución del tiempo medio entre fallas.....	81
Figura.3.41 Desorden en el área de trabajo previo a la implementación.....	82
Figura.3.42 Orden en el área de trabajo después	83
Figura 3.43 Trabajos de reparación	88
Figura 3.44 Evolución del tiempo medio para reparaciones	90
Figura.3.45 Evolución costo de reparaciones	93
Figura.4.1 Cambio en promedio del MTBF	95
Figura 4.2 Cambio en promedio del MTTR	96

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Disponibilidad	37
Ecuación 2 Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	38
Ecuación 3 Tiempo medio para reparaciones (MTTR)	38

RESUMEN

La investigación bajo la modalidad de suficiencia profesional tiene como objetivo general, determinar en qué medida la implementación basada en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C. a lo largo del año 2019. El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), es una metodología que nos permite aumentar la disponibilidad; asimismo, comprender y analizar el funcionamiento y las posibles averías de los equipos de Aire Acondicionado. La empresa ha identificado el problema central, el cual está dado por la baja disponibilidad de equipos de aire acondicionado; es por ello que se ha implementado la Metodología RCM y para comprender el problema se realizó en primera instancia el análisis a través del diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, con ello se logró detectar las dimensiones que lo originan. Para lograr alcanzar esta finalidad fue necesario el desarrollo de los objetivos específicos tales como medir el nivel de conocimiento del personal, medir el tiempo medio entre fallas (MTBF), medir el tiempo para reparaciones (MTTR) y medir los costos de reparación.

En conclusión, se logró un incremento de la disponibilidad del periodo inicial de 82% a una disponibilidad de 92% luego de la implementación RCM. Asimismo, Sobre el nivel de conocimiento del personal se incrementó en un 30%; el tiempo promedio entre fallas (MTBF), se concluye como promedio de los 6 meses previos al RCM en 44.81 horas, y posterior a la implementación RCM para los 6 meses siguientes ascendió a 77.67 horas; de manera similar, el tiempo medio de reparaciones (MTTR), se concluye como promedio de los 6 meses previos al RCM en 9.80 horas, mientras que el promedio de los 6 meses posteriores a la implementación RCM descendió a 6.38 horas; finalmente, los costos de reparación presentaron una reducción como resultado de la implementación del RCM, se concluye como promedio de los 6 meses previos al RCM en S/.114'160.45, mientras que el promedio de los 6 meses posteriores a la implementación RCM descendió en S/.70'193.60. Generando un ahorro para la empresa de S/.43'966.86.

Palabra Clave: Mantenimiento centrado en la confiabilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo para reparaciones (MTTR), costos de reparación, disponibilidad.

ABSTRACT

The research under the modality of professional sufficiency has the general objective of determining to what extent the implementation based on the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology increases the availability of air conditioning equipment in the company COOL LIDER TECH S.A.C. throughout 2019. Reliability-Centered Maintenance (RCM) is a methodology that allows us to increase availability; also, understand and analyze the operation and possible breakdowns of Air Conditioning equipment. The company has identified the central problem, which is given by the low availability of air conditioning equipment; That is why the RCM Methodology has been implemented and to understand the problem the analysis was carried out in the first instance through the Ishikawa or Cause-Effect diagram, with this it was possible to detect the dimensions that originate it. To achieve this goal, it was necessary to develop specific objectives such as measuring the level of knowledge of the personnel, measuring the mean time between failures (MTBF), measuring the time to repairs (MTTR) and measuring repair costs.

In conclusión, an initial period availability increase from 82% to 92% availability was achieved after RCM implementation. Also, on the level of knowledge of the staff increased by 30%; the mean time between failures (MTBF), is concluded as an average of the 6 months prior to the RCM in 44.81 hours, and after the RCM implementation for the following 6 months it amounted to 77.67 hours; Similarly, the mean time to repair (MTTR) is concluded as an average of the 6 months prior to the RCM in 9.80 hours, while the average of the 6 months after the RCM implementation decreased to 6.38 hours; Finally, the repair costs presented a reduction as a result of the implementation of the RCM, it is concluded as an average of the 6 months prior to the RCM in S / .114'160.45, while the average of the 6 months after the RCM implementation decreased in S/.70'193.60. Generating savings for the company COOL LIDER TECH S.A.C of S/ .43'966.86.

Key Word: Reliability-focused maintenance, mean time between failure (MTBF), time to repair (MTTR), repair costs, availability.

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Delimitación de la investigación

La compañía se encuentra en rubro de servicios en diseño, instalación y mantenimiento de los equipos de aire acondicionado y refrigeración para oficinas e industrias. A través de la siguiente tabla se precisan los principales datos informativos de la empresa.

Tabla 1.1

Información de la empresa

Nombre de la empresa	COOL LIDER TECH S.A.C
Tipo de empresa	Sociedad Anónima Cerrada
RUC	20524510945
Inicio de actividades	09 / 03 / 2010
Página Web	http://coollidertech.com/
Correo electrónico	servicios@coollidertech.com

Nota: Elaboración propia basada en la información de la empresa

La sede se ubica en la Mz. S Lt. 11 sector Alfonso Ugarte, de la Zona Pamplona Alta, San Juan de Miraflores, en el departamento de Lima, Perú. Para mayor precisión se muestra el siguiente mapa de ubicación.

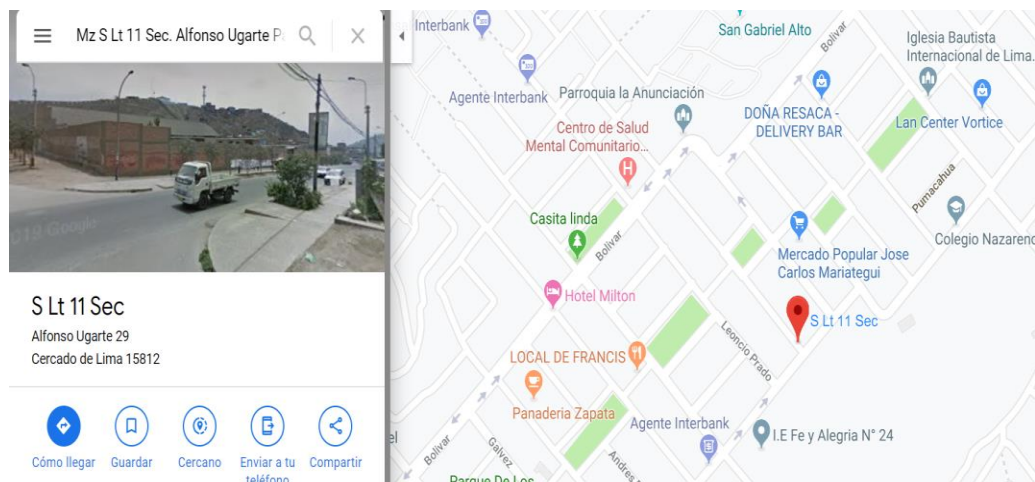


Figura 1.1 Ubicación

Fuente: Google Maps (2020)

Además, la empresa cuenta con los siguientes lineamientos para efectuar sus labores:

- Misión: Nuestra misión es ofrecer productos y servicios de calidad, cumpliendo los estándares nacionales e internacionales
- Visión: Llegar a ser líder dentro del sector de refrigeración y aire acondicionado, brindando soluciones de alta calidad.
- Valores: Compromiso, eficacia y alta competencia.

La organización se encuentra conformado una gerencia general y cuatro subgerencias que cubren determinadas áreas y desarrollan las coordinaciones para el desarrollo de tareas específicas. A continuación, se muestra el organigrama de los cargos que cada representante posee:

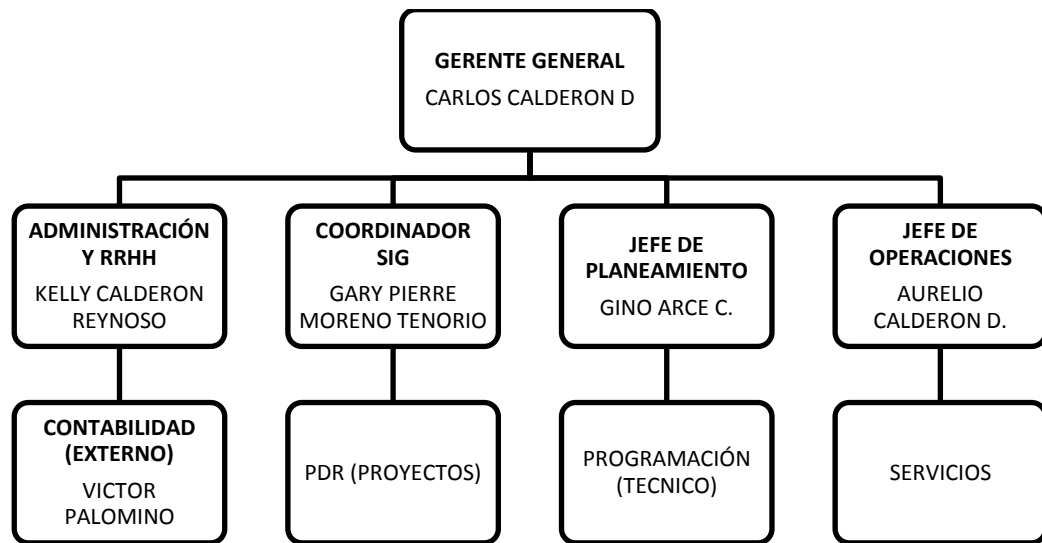


Figura 1.2 Organigrama

Fuente: Cool Lider Tech S.A.C (2020)

Realidad problemática internacional y nacional

En el escenario internacional

Se puede mencionar la información proporcionada por Tamarit (2019) que presume la existencia de alrededor de 3600 millones de sistemas de aire acondicionado instalados en el mundo, y el coste ambiental que produce el uso de estos sistemas es producido por sus componentes supone un daño mil veces superior que el dióxido de carbono. Por esta razón el Departamento de Energías de los Estados Unidos realizó un informe donde presentaban dos métodos nuevos para la generación de aire acondicionado, estos métodos calóricos de estado sólido dado que evitan el uso de fluidos dañinos. Estos métodos son opuestos a los compresores de gases pues principalmente consisten en el intercambio de calor asociado a transformaciones que se producen en el estado sólido a través de la aplicación de un campo externo. Es mediante el uso de cristales plásticos que se puede lograr la transformación comparable a la evaporación, esto a causa de la energía que se produce por el ordenamiento molecular al aplicar un campo magnético que se puede controlar por el uso de presión, pero aún sigue siendo un reto encontrar alternativas a los compresores de gases.

En el portal Energética, Monforte (2019) se menciona el trabajo que viene realizando la compañía Schneider Electric en relación a la mejora de la eficiencia de la energía en una sede de Médicos Sin Fronteras en España. Se trata de la posibilidad de control integral de la iluminación en todo el edificio, los parámetros de clima, del CO₂ y entre otros. En conjunto con EcoStruxure Building Operation brindan al usuario una experiencia personalizada mediante una conexión por web server y aplicaciones móviles. Los resultados de la implementación en otros lugares indican una disminución del 25% de la energía consumida. Adicionalmente, Schneider Electric ha realizado donaciones a Médicos Sin Fronteras para poder aumentar las respuestas a emergencias y su eficiencia sea mayor, cumpliendo así con una parte de su responsabilidad social como empresa.

En el portal Actualidad, Padilla (2019) menciona la innovación que viene realizando Tado en relación al control de climatización de un espacio, mediante un pequeño aparato de aproximadamente 73 gramos de peso, fácil de adherir a las paredes y de simple control. Es compatible con Homekit y con los productos de iPhone, facilitando así el uso de este sistema, ahorrando la energía consumida en el hogar esté dando uso. Poder adquirir esta posibilidad es sumamente fácil, a través de Amazon y por un costo de 99.99 dólares lo que hace que la mayoría de personas puedan acceder a esto. El sistema está también en castellano y las instrucciones pueden ser descargadas mediante AppStore, además resaltar que todo puede ser controlado mediante un comando de voz.

Según el portal Transporte3 (2019) la innovación en los sistemas de aire acondicionado no solo se ha dado para las edificaciones sino también para autos. De esto modo los equipos autónomos de aire acondicionado TRP realizados por TRP Slim Cool y TRP Compact aseguran una gran capacidad de enfriamiento mediante la refrigeración y des-humidificación del aire en cabina, cuando el motor está parado evitando emisiones de CO₂ y consume de combustible. Otro de los beneficios es que permite el descanso del conductor, mejorando a atención al volante, el ahorro de combustible es de cifras considerables y la disminución de costes al ambiente es sobresaliente. Sumarle a todo esto la facilidad en la instalación, y la variedad para cada modelo vehicular.

En el escenario nacional:

En el contexto nacional, se encuentra un hecho importante en el marco de los incentivos a los recursos tecnológicos. Al respecto el Diario Gestión (2019) informa que el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) reconoció a 14 de 17 empresas que se ampararon a la Ley N° 30309, que brindaba beneficios tributarios para que las empresas pudieran desarrollar proyectos en el rubro tecnológico en beneficio del país. La norma está en vigencia desde el 2016 y llega a brindar beneficios tributarios del 170% de lo invertido en el proyecto.

Seguidamente, el Diario Gestión (2019) también informa sobre la incorporación de metodologías ágiles en la habilidad de adaptación de las empresas en torno a las innovaciones tecnológicas; siendo que las metodologías ágiles tienen el propósito de adaptar las formas de trabajo a las condiciones del proyecto. Los equipos formados deben tener un desarrollo evolutivo y moldeable, autonomía, capacidad de planificación y mantener comunicación constante. Este tipo de metodología le es útil a la organización puesto que mejora la calidad de los productos, forja un compromiso en el trabajador e incrementa la productividad; entre las más utilizadas están la SCRUM, XP y Kanban.

Según el portal de Refri-Perú (2019) los tipos de ventilación que se brindan se basan en la ventilación mecánica y extracción de monóxido para uso comercial e industrial. A su vez, se realiza el servicio de presurización de escaleras que se fundamenta en la capacidad de mantener constante la presión de un espacio cerrado, y el mantenimiento, ya sea de carácter correctivo o preventivo. A su vez, el portal Hi Cool Systems (2019) da a conocer que el mantenimiento de estos equipos debe realizarse en el rango de 3 a 6 meses y entre los servicios que se brinda se encuentran los que corrigen aspectos del sistema eléctrico, rodajes de motor-ventilador, presurización del sistema, cambio de motor unidad evaporada, etc.; mientras que los servicios preventivos atienden casos como limpieza del serpentín evaporador, revisión y limpieza del circuito de drenaje, revisión y regulación del termostato, inspección del ventilador y de la válvula de servicio del sistema, entre otros.

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Justificación teórica

La investigación es importante, ya que mediante el desarrollo de teorías referidas a la confiabilidad y el mantenimiento de equipos de aire acondicionado genera un interés teórico, dado que se da a conocer un mejor empleo de los instrumentos de ingeniería industrial, como por ejemplo el análisis de la confiabilidad y los fallos en maquinarias. Asimismo, se desarrolló un proceso para señalar las fallas a través de una propuesta para abordar el problema y otros lineamientos que se tocaron a detalle.

1.2.2. Justificación practica

La investigación es importante, ya que resolvió el problema de la disponibilidad incrementándola de 82 % a 92%; asimismo, se logró incrementar el tiempo medio entre fallas de 44.81 horas a 77.67 horas; de igual manera la disminución del tiempo medio para reparaciones de 9.8 horas a 6.38 horas, además de la reducción de costos por reparación.

1.2.3. Justificación económica

La investigación es importante en la parte económica porque permitió la reducción de costos de reparación, siendo como promedio de los 6 meses previos al RCM en S/.114'160.50 y el promedio de los 6 meses posteriores a la implementación RCM descendió en S/.70'193.50. Generando un ahorro para la empresa COOL LIDER TECH S.A.C de S/.43'967.00, debido a que disminuyo el tiempo medio en reparación, como resultado de la implementación del RCM.

1.2.4. Justificación académica

La investigación importante, ya que desarrolla la implementación de mejora bajo la metodología RCM, en post de soluciones eficientes para un tema de alto interés académico dentro del rubro. Entonces, servirá como guía y antecedente para futuras investigaciones respecto a los aires acondicionados y al uso de la metodología para su tratamiento.

1.2.5. Justificación normativa

La investigación da cumplimiento a las normas de

- a) Norma Técnica EM.030 Instalaciones de Ventilación,
- b) Norma Técnica EM.050 Instalaciones de climatización.
- c) ASHRAE Standard 62.2. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low- Rise Residential Buildings– Building. (Norma de ventilación y calidad del aire interior aceptable en edificaciones residenciales bajas).
- d) ASHRAE Standard 62.2. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low- Rise Residential Buildings– Building. (Norma de ventilación y calidad del aire interior aceptable en edificaciones residenciales bajas).
- e) Normas técnicas de la oficina de ozono en el Perú.
- f) Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Decreto Supremo N° 008-2005-PCM, Reglamento de la Ley N°28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Ley N°28245.

1.3. Formulación del Problema

En la presente investigación se muestra la formulación del problema general y luego los problemas específicos que explican a detalle a situación a tratar:

1.3.1. Problema general

¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S. A.C?

1.3.2. Problema específico

¿Cuál es el nivel de conocimiento del personal posterior a la implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?

¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite determinar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?

¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite reducir el tiempo medio para reparar los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?

¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite reducir el costo de reparación de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación basada en la metodología RCM incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

Medir el nivel de conocimiento del personal posterior a la implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

Medir el tiempo medio entre fallas luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C. ¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM pe LIDER TECH S.A.C.

Medir el tiempo medio para reparaciones luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

Medir los costos en reparación luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En el aporte académico de Maya (2018) titulado “*Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*” realizado para alcanzar el grado de Magister en Ingeniería Mecánica por la Universidad Nacional de Colombia, la finalidad fue implementar la metodología RCM para efectuar un mantenimiento renovado que permita atender los requerimientos de planeamiento de la metodología TPM en una industria de alimentos; por tanto, el estudio define como variable independiente a la aplicación de la metodología RCM, mientras que la variable dependiente fue el nivel de planeamiento de la metodología TPM. Se empleó una metodología de enfoque cuantitativo y de carácter aplicada; para la recaudación de datos se emplearon los instrumentos de fichas informativas, formatos de mantenimiento, entre otros; las técnicas aplicadas fueron cuestionarios dirigidos a medir los niveles de confiabilidad de las maquinarias. Los resultados de esta investigación muestran que los índices de disponibilidad aumentaron considerablemente, pasando de 85% en el 2010 a 93% en el 2017, lo que demuestra la efectividad en la metodología en el mantenimiento productivo debido a la aplicación del RCM basada en el aumento de la disponibilidad. Es decir, la herramienta RCM sirve como mejora del mantenimiento. Finalmente, se recomienda realizar con precisión las acciones de identificación de necesidades de mantenimiento, detección de elementos críticos a intervenir y programación de procesos de mejora; aplicando el enfoque a los equipos nuevos antes de aplicar el plan a mayor escala, de tal manera que se alcanza un foco de intervención consistente.

Para Cabrera (2017) en su investigación “*Proyecto aplicado al mantenimiento total productivo a los equipos de aire acondicionado de E.S.E Carmen Emilia Ospina prestadora de servicios en salud*” para alcanzar el título de Ingeniero Industrial en Universidad Nacional Abierta y a Distancia,

Colombia; con la finalidad de diseñar una aplicación de mantenimiento total productivo aplicado a aires acondicionados en la empresa E.S.E Carmen Emilia Ospina para incrementar su calidad operativa, mediante el diagnóstico situacional inicial, el desarrollo y ejecución de la aplicación para reducir las intervenciones de mantenimiento y finalmente, validar el sistema con posibilidad de mejora. Se cuenta con un enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicativo; las herramientas utilizadas fueron software para web, lenguaje PHP, motor de datos MySQL, internet, base de datos, computadoras entre otros. La población estudiada fue las máquinas de E.S.E Carmen Emilia Ospina y la muestra las 25 máquinas de una sede de la empresa. Los resultados evidenciaron a importancia de un plan de mantenimiento que evite fallas posteriores y mejorar la operatividad; un plan de capacitación es vital. También se evidencio que los equipos de mayor reparación son los de tarjeta eléctrica y la respuesta a la aplicación de TPM es satisfactoria impulsando la disponibilidad.

Según García (2017) *“Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado”* cuyo objetivo principal fue incrementar el desempeño de confiabilidad del Sistema de Propulsión y Rodado de perforadoras Atlas Copco PV351, con Oruga CAT 375, mediante estrategias de mantenimiento y rediseño de componentes que permitan amentar la confiabilidad y su conservación, a través de un previo diagnóstico inicial del desempeño del equipo, señalar la criticidad de la propulsión y el rodado, evaluar los modos de fallas, del establecimiento de estrategias de mantenimiento RCM, la propuesta de alternativas de rediseño de componentes y la recomendación de soluciones de rediseño de componente según el acceso técnico y económico. La investigación es de enfoque cuantitativo, de carácter no aplicado, las herramientas utilizadas fueron indicadores de desempeño de mantenimiento, diagrama de Pareto, diagrama Jack Knife, análisis de modos de fallas y efectos, árbol de fallas y análisis MCC. La población es la maquinaria perforadora de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi y la muestra tres perforadoras de la empresa. Los resultados muestran las actividades sugeridas de la metodología aplicada fueron un incremento al 96% de la disponibilidad, lo que se expresa en

la disminución de 700 horas a diferencia del sistema actual ejecutado, el sistema de propulsión y rodado son generadores del 40% de los inconvenientes hallados.

Según Rafo (2016) *“Propuesta de estrategia de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado de alta criticidad, mediante aplicación de metodología RCM en el marco de una política de confiabilidad operacional”* con la finalidad de proponer una estrategia para sistemas de aire acondicionado de alta criticidad con la implementación de la metodología de Mantenimiento Centrada en Confiabilidad; mediante la difusión de los conceptos sobre el RCM y la operatividad de los sistemas en estudio, el análisis de las fallas, la evaluación del diseño funcional de cada subsistema para luego efectuar la propuesta de planes de prevención y corrección. La investigación es de enfoque cuantitativo, y de carácter aplicado, de tipo preexperimental, se usó un sistema de software de recaudación de información, monitores de evaluación, gráficas y tablas para la explicación, documentación de planillas entre otros. La población fue los equipos de la aerolínea internacional y la muestra de los simuladores de vuelo A320-1, A320-2, B787. Los resultados mostraron que el RCM permite evidenciar fallas con anterioridad, para sí desarrollar propuestas preventivas, otros hallazgos es la disminución de costos alcanzados produciéndose una reducción de más del 50% en gastos destinados a reparaciones. También evidenció la necesidad de un personal capacitado para proceder en el mantenimiento y lograr la confiabilidad buscada en las maquinas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Por su parte, López (2018) en su investigación titulada *“Implementación del TPM para mejorar la calidad de servicio en equipos de aire acondicionado, brindado por la empresa Corporación Metal Frío del Perú SAC, Comas, 2018”* realizada para el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Cesar Vallejo, la finalidad fue incrementar la calidad de los equipos de aire acondicionado mediante una metodología de mantenimiento, en pos de incrementar la vida de los equipos, lo cual beneficiaría a los clientes. Se ha establecido como población los servicios de mantenimiento a equipos de aire acondicionado durante 30 días, y la muestra será equivalente a la población. Para el estudio se han determinado

algunas técnicas de recolección de información, tales como la observación de forma directa y la sistematización de información obtenida a través de ficheros; los instrumentos utilizados fueron formatos técnicos de los equipos, reportes de mantenimiento, cronometro para la medición de tiempos, registro de cronogramas de mantenimiento, registro de tiempos operativos y el software SPSS para el análisis estadístico. En los resultados mostrados por el autor se determina que no se acepta la hipótesis nula puesto que $p < 0.05$, la cual sostiene que la implementación del TPM no mejorará la calidad en el servicio, ello permite admitir la hipótesis alternativa si mejorará la calidad de aire acondicionado. Además, el proceso implantado incremento la satisfacción del cliente de un 53% a 100%, asimismo, el nivel de calidad paso de 76% a 100% una vez instaurada la metodología. Finalmente se recomienda, a fin de incrementar la confiabilidad de los clientes, garantizar la calidad de los equipos mediante la metodología propuesta que debe implantarse de manera estandarizada y sistemática; se propone que el mantenimiento se realiza en una frecuencia mínima de 3 meses.

Según Flores (2018) en su investigación titulado “*Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera, Apurímac 2018*” para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Cesar Vallejo, con sede en Chiclayo; la finalidad fue elaborar un plan de mejora en el mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de Apurímac, mediante el análisis inicial, a partir de ello se midió la disponibilidad, se prosiguió con la realización de un plan de mantenimiento que logre una alta disponibilidad y finalmente se presentó la viabilidad económica. La investigación es de enfoque cuantitativo, tipo descriptivo y diseño no experimental, las herramientas utilizadas fueron guías de observación, entrevistas semiestructuradas, registros de datos, check list. La población estudiada fue de 8 equipos de carguío y 16 operadores, la muestra fue de 8 equipos de carguío y los 16 operarios. Los resultados mostraron un 93% de disponibilidad en el 2017, la necesidad de personal capacitado para el área de soldadura es vital y fundamentalmente la implementación permite aumentar la disponibilidad en un 5%, disminuyendo los tiempos muertos en 57.72%.

En el trabajo de Espinoza (2017) llamado “*Mejora de procesos para la reducción de fallas en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en la empresa de servicios EslabGroup SAC 2017*” para el título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte; la finalidad fue efectuar mejoras en los procesos de mantenimiento con la intención de disminuir las fallas en los equipos de la empresa Eslab Group SAC en el año 2017. Se realizó su estudio basándose en una metodología aplicada de enfoque cuantitativo. Su población fueron el total de fallas ocurridas en el sistema de aire acondicionado y su muestra se estableció en una dimensión de 9 meses, en los cuales se realizaron las actividades de planificación, recolección de información y elaboración de propuestas para disminuir los fallos e incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado. Los resultados del estudio nos muestran que la mejora redujo el mantenimiento preventivo en un 62%, mientras que el mantenimiento correctivo disminuyó en un 71%, beneficiando a los operarios y a la compañía, puesto que se incrementa la productividad y se reducen los costos en tales operaciones. Dicha mejora de procesos permitió un incremento de la eficiencia de las solicitudes de reparación de fallos en un 25% al 2017. Tales procesos de mejora generan un impacto positivo en los clientes y permiten que los procesos de mantenimiento propios se realicen eficientemente. Se recomienda implantar la mejora de procesos en las distintas áreas a fin de establecer una cultura de mejora continua, capacitar al personal operativo y mantener coordinaciones constantes con la gerencia para establecer equipos de trabajo encargados del monitoreo.

La investigación realizada por Casas (2017) titulada “*Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC en el año 2017*” para conseguir el título de Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte, tiene como objetivo implantar un proceso RCM a fin de incrementar la disponibilidad, dado que se halló una situación crítica, los cuales están afines con la actividad de almacenaje en la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC. El estudio tomo como variable independiente al proceso de la metodología RCM y como variable dependiente a la disponibilidad de los equipos en situación crítica. La población se estableció como la totalidad de maquinarias, para lo que la muestra fueron 9

maquinarias encargadas de cumplir con funciones específicas dentro del área de almacenaje. Los resultados evidencian que con la aplicación del RCM la disponibilidad de lavado de los contenedores Gambetta 1 paso de 94.2% a 98.2%, mientras que la disponibilidad de lavado de los contenedores Gambetta 2 pasaron de 93.5% a 98.2%, por su parte la disponibilidad de la balanza de camiones paso de 98.7% a 99.5%, de manera que se reconoce el resultado cuantitativo. Además, se recomienda implantar la metodología RCM siempre y cuando se hayan desarrollado el nivel instrumental y el operacional; en el primero se realizan los registros, técnicas, etc. y en el segundo se establecen los procedimientos para el proceso preventivo y correctivo.

Según Ramón (2015), en su trabajo *“Aplicación de metodología de RCM para el incremento de disponibilidad de Chancadora HP-500 en la compañía minera Volcan-Chungar”* realizada para optar por el título de Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional del Centro del Perú; el principal objetivo fue incrementar la disponibilidad del mencionado equipo a través de la implementación del RCM. Se define como variable independiente a la aplicación del RCM y como variable dependiente a la disponibilidad. Para la metodología del estudio se usa el diseño experimental y fijo a la población en 3 chancadoras ubicadas en una misma planta concentradora, mientras que la muestra se fijó en 1 chancadora. En la recaudación de información se utilizó como instrumento principal la encuesta y las técnicas fueron la observación directa y la sistematización de fichas informativas. El estudio arrojó que las actividades a cumplir determinadas por la metodología RCM tienen un costo de \$4,850.00 dólares expresando una diferencia importante respecto a los \$1'220,000.00 dólares de gasto por los tipos de mantenimiento convencionales. El MTBF en promedio paso de 51.6 a 105.37, lo cual muestra un cambio de 103.97 %, además el MTTR fue de 8.2 previo y de 6.52 posterior, esto es un cambio de 20.5 %. El incremento de disponibilidad en la Chancadora HP-500 se expresa en 95.4% en comparación con el 88.1% logrado con el mantenimiento convencional. Según estos datos se acepta la hipótesis nula validando que el RCM aumenta la disponibilidad en la compañía minera, expresado matemáticamente tal que el valor de chi-cuadrado es menor o igual que el valor crítico (en efecto, $0.20003 < 6.635$).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad

2.2.1.1. Mantenimiento

De acuerdo con Jiménez (2018) se entiende por mantenimiento al acumulado de labores y operaciones de representación técnica para lograr una mejor preservación de los equipos, en otras palabras, se mantiene en funcionamiento en el mayor tiempo considerando los menores costos. Cuando se habla de mantenimiento también se hace relato a la vigilancia periódica, acciones correctivas para alargar la vida a través de procedimientos preventivos para impedir que se produzcan los inconvenientes, modificaciones o sustituciones de partes que hayan sido averiadas y la gestión de repuestos, entre otras. Se ha determinado que las labores de mantenimiento persiguen los objetivos de:

- Incrementar el rendimiento.
- Disminuir los costos de producción
- Mejorar la seguridad de los trabajadores
- Implementar una política de eficiencia en el área.

2.2.1.2. Tipos de mantenimiento

En Romero (2016) se menciona que existen tres tipos de mantenimiento, el de carácter correctivo, predictivo y el preventivo.

- **Mantenimiento Preventivo:** Se basa en realizar acciones como la medición, control de indicadores, reparaciones o cambios de piezas antes que el problema suceda, es decir, antes que el equipo se averíe, lo cual permite un aumento de productividad y disponibilidad. Además, debe estar programado con anticipación de acuerdo a un programa que permita organizar las labores y sus principales etapas son la preparación, ejecución y control de resultados.

- **Mantenimiento Predictivo:** Se refiere al conocimiento de la situación del equipo, para señalar las fallas que puedan ocasionarse en el futuro a fin de evitarlas y solucionarlas mediante la revisión periódica. Se basa en la existencia de ciertas fallas o síntomas de mal funcionamiento, lo cual da un margen para poder mejorar el problema. Con su aplicación se logra el diagnóstico de las causas, la evaluación del riesgo, la elección del momento y la reducción de la indisponibilidad
- **Mantenimiento correctivo:** Este tipo de labores se realiza cuando el equipo ya no puede seguir en funcionamiento, es decir, cuando su disponibilidad es la más baja posible; se basa en el arreglo de los daños.

2.2.1.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Según OShall (2017) el RCM son las siglas de Reliability Centred Maintenance el cual es un método utilizado para señalar las necesidades de mantenimiento de un equipo en su ambiente de operaciones, también puede ser entendido como un método para indicar las funciones y la modalidad de fallas a ocasionarse. Su finalidad es el incremento de la disponibilidad y confiabilidad, así como la reducción de los costos, enfocándose en las actividades primordiales y dejando las acciones no tan necesarias para reemplazarlas por las más óptimas.

Para Begazo (2019) la metodología RCM es una disciplina lógica que posibilita la ejecución de actividades de mantenimiento efectivo para optimizar la confiabilidad de equipos complejos y reducir costos. En un inicio esta metodología fue empleada para el departamento de defensa de EE.UU., debido a su éxito se amplió su uso para el sector industrial, produciéndose versiones no tan relacionadas con la original metodología. El RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad), es una técnica de gestión de mantenimiento, para ampliar actividades de diseño y construcción, dando confiabilidad. Esto a causa de la reducción de las fallas y el cumplimiento de un plan de producción; como principios de la metodología RCM tenemos:

1. Preservar la función del equipo, es decir dejar en claro las actividades que cada individuo desarrollará dentro del procedimiento a seguir.
2. Enfoque en los equipos, el elemento más importante en el tratamiento son los equipos a mejorar o reparar.
3. Su centro es la confiabilidad, la atención debe estar concentrada en los aspectos de la confiabilidad del procedimiento utilizado.
4. Manejar las estadísticas de los inconvenientes, un correcto análisis estadístico permitirá a los expertos dar soluciones certeras.
5. Conocer las probabilidades de fallas a tiempo determinado
6. Define la falla como una condición insatisfactoria, es decir delimitar cuales son los parámetros considerados negativos.
7. Usa un árbol lógico para las decisiones de mantenimiento.

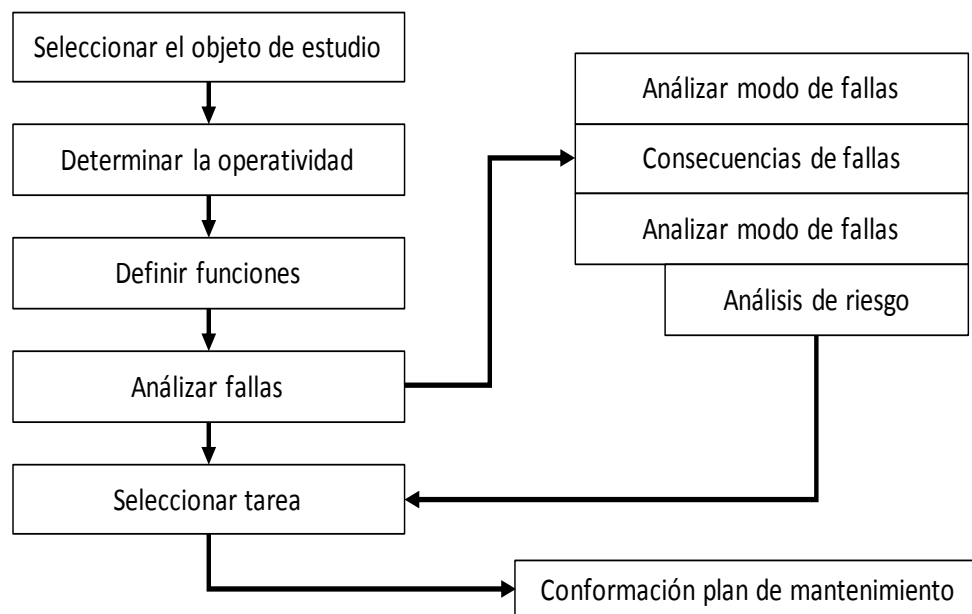


Figura 2.1 Fundamentos para el RCM

Fuente: Adaptado de Begazo (2019)

Para Kumar, Srividya y Durga (2015) dentro de las ventajas de observa que la aplicación del RCM al mantenimiento rutinario permite una reducción de la actividad de un 40 a 70 %, si se aplica desde el desarrollo de un nuevo sistema de mantenimiento se podrá reducir el tiempo de trabajo programado y será orientado a los objetivos de la gerencia. Otro punto a favor de RCM es el fácil lenguaje técnico entendible para todos los empleados vinculados al proceso lo que permite un adecuado ambiente de trabajo en la organización. También la reducción de costos que se produce es bastante considerable, la garantía de funcionamiento de forma confiable y segura es otra de las ventajas y finalmente satisface las normas establecidas de seguridad y medio ambiente.

De acuerdo con Viveros et al. (2013) esta metodología posee 7 cuestionamientos fundamentales para señalar necesidades de mantenimiento; estas preguntas son:

1. ¿Cuáles son las actividades que deben ser cumplidas y cuál es el desempeño esperado?
2. ¿De qué manera puede fallar el equipo?
3. ¿Qué causa el fallo?
4. ¿Qué pasa cuando aparece un fallo?
5. ¿Qué consecuencias trae el fallo?
6. ¿Qué acciones se puede realizar en la prevención del fallo funcional?
7. ¿Qué hacer si no es posible prevenir el fallo funcional?

Las primeras tres preguntas están relacionadas a la determinación de funciones, fallas y causas, las preguntas cuatro y cinco son básicamente de análisis efectos y resultados que sufre la organización por las fallas y finalmente las preguntas seis y siete determinan las actividades de mantenimiento para mitigar los efectos de las fallas. Después de la selección de actividades se procede a la implementación en el plan estratégico establecido por la empresa con el fin de hallar los fallos, eliminarlos y así no comprometan la seguridad del sistema.

Pasos RCM

De acuerdo con Rafo Boye (2016) las actividades que se llevaran a cabo dependerán del plan de mantenimiento establecido el cual debe responder a un análisis acorde a la realidad; por tanto, se consideraran las actividades:

- Análisis de desperfectos técnicos y funcionales. Un desperfecto o fallo consiste en el incumplimiento, o cumplimiento defectuoso, de una determinada acción que estaba proyectada; entonces, para proponer una solución se tiene que identificar con claridad los detalles de tal desperfecto.
- Identificar la forma de fallo. Se trata de identificar la manera del fallo cuando se hace presente, ello puede deberse a errores de diseño o a errores humanos; cuando el fallo se hace presente va disminuyendo la calidad.
- Exploración del origen del inconveniente, lo cual se efectúa con los equipos que estén involucrados en el fallo; se analizarán las causas y se dará pronta solución técnica al fallo ocurrido.
- Establecer acciones de prevención. Se determinarán acciones que sean capaces de prevenir los fallos detectados, las acciones pueden consistir en inspecciones rutinarias, limpieza de los equipos, sustitución oportuna de piezas, mejora en las instalaciones, variaciones en los procedimientos operativos, entre otros.
- Elección de acciones y responsabilidades según el modelo de mantenimiento. Una vez se hayan determinado las acciones que puedan cumplir con su objetivo preventivo, se elegirán las frecuencias de su realización, pudiendo ser diarias, semanales, mensuales, anuales, o cualquiera que determine la organización. Dicha frecuencia debe responder a los datos y patrones registrados de las fallas, a la vida útil estimada y al tiempo de reemplazo del componente.

- Ordenar las diversas tareas (Plan de mantenimiento). Las acciones o tareas establecidas deben presentarse de manera ordenada para tener un resultado eficaz; deben agruparse según la especialidad que requieren, según el sistema que se intente resolver y según la frecuencia establecida.
- Ejecución y perfeccionamiento. En esta etapa se ejecutará el RCM y se visualizarán los resultados de las acciones, ello servirá como referencia para las próximas acciones que permitan corregir los fallos o causas que no han escapado del análisis.

Análisis de fallas en RCM

Según Medrano, Perez, Gomez y Vera (2016) los efectos de falla muestran que sucedería al momento de la ocurrencia; es decir, muestran lo que podría pasar si es que no se realiza ninguna tarea concreta para prevenir o detectar alguna falla. Los efectos de falla deben mostrar evidencia de que la falla ha ocurrido; aquí se intenta determinar si las fallas que se manifiestan son evidentes o permanecen ocultas. También se busca determinar las amenazas que se generan luego del suceso del fallo, en tanto que se evalúa la afectación al proceso y los daños materiales y físicos que la origina; al respecto deben mencionarse los riesgos que pueda producir un incendio, escape de productos químicos, explosiones, etc. Por último, sus efectos deben dar luces respecto a las actividades a considerarse para el reparo de dicha falla.

Una vez se han determinado todos sus efectos se proceden a evaluar cada error potencial, siendo que la principal fuente es la descripción de los efectos. El nivel de gravedad de cada efecto de falla será lo que establecerá el grado de atención sobre los potenciales errores o fallas. El impacto que se tendrá dependerá de las circunstancias en las que se opera, así como las capacidades con las que cuenta el personal a cargo y los efectos físicos que tengan los componentes como resultado de una falla en un proceso anterior; esta combinación de factores determinará la gravedad que pueda tener una falla particular. De esta manera, si las fallas potenciales resultan en consecuencias

muy graves para la empresa y el personal, deberán realizarse esfuerzos mayores por resolver la falla y sus causas.

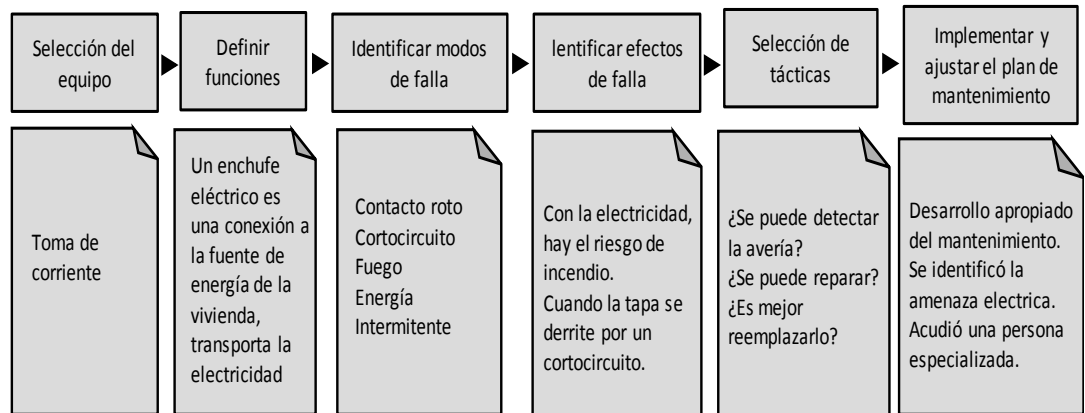


Figura 2.2 Pasos para mejorar las fallas con RCM

Fuente: Adaptado de Begazo (2019)

Cuando se haya completado el análisis RCM se procederá a implantar los resultados encontrados, para lo cual deben considerarse 4 puntos fundamentales:

- **Auditoría RCM:** Los resultados encontrados y las respectivas recomendaciones correctivas deben ser aprobadas por el círculo gerencial, los cuales auditarán los resultados en el marco del análisis RCM.
- **Descripciones de labores proyectadas:** las tareas en el análisis RCM deben describirse con precisión y detalle para garantizar que dicha actividad sea llevada a cabo por la persona escogida previamente.
- **Variación de detalles:** Estas variaciones deben describirse con detalles relevantes.

2.2.2. Disponibilidad de equipos de aire acondicionado

2.2.2.1. Equipos de acondicionamiento de aire

De acuerdo a Huanca (2016), es un procedimiento que brinda un tratamiento del aire en los ambientes habitados, regulando su temperatura y movimiento. El uso del aire acondicionado tiene dos finalidades principales: generar y mantener la comodidad del ser humano y controlar un proceso industrial. El poder controlar la frialdad o el calor, filtrarlo del polvo y de microbios, permite generar un clima más adecuado para el desenvolvimiento del usuario. En la siguiente figura se muestran algunos de los aires acondicionados que se manejan en la compañía de análisis:

Además, de acuerdo con Socconini y Martín (2019) los sistemas de acondicionamiento pueden ser autónomos y centralizados. El primero produce calor o frío y trata el aire, pero no todo el conjunto. Con respecto al segundo sistema, este solo trata el aire y obtiene la energía térmica de un sistema centralizado. El funcionamiento adecuado considera magnitudes en la operación sincronizada.

- Temperatura
 - Calefacción
 - Refrigeración

- Humedad
 - Humificación
 - Deshumidificación

- Velocidad
 - Dispersión del aire
 - Niveles de ruido

- Pureza

- Filtración
- Esterilizado

Características objeto de regulación

De acuerdo a Lapuerta y Armas (2012), el acondicionamiento de aire por su función de climatización, permite identificar características ambientales que pueden ser objeto de regulación, estos son:

- Temperatura: para un adecuado desenvolvimiento del ser humano, prescinde de un rango térmico específico que genere el ambiente idóneo. Las operaciones necesarias para regular la temperatura del ambiente son la calefacción y refrigeración.
- Velocidad del aire: de acuerdo a la velocidad del aire se produce la percepción térmica del mismo, por ello no debe ser ni muy rápido ni lento, para lograr regular la velocidad se genera la circulación o movimiento del aire.
- Grado de humedad: la composición del cuerpo humano es 60% agua y está en constante intercambio de este líquido con el ambiente. Para lograr la interacción entre ambiente- humano y regular esta característica se produce procesos de humidificación y deshumidificación.
- Limpieza del aire: conseguirla depende de eliminar elementos peligrosos a través de procesos de filtrado de las corrientes de circulación o la renovación.
- Renovación: Proceso necesario dado que las personas, máquinas y demás que emiten sustancias que contaminan el aire del ambiente.

- Ruido: Factor de generadores de confort es el nivel sonoro del ambiente, para poder conservar la sensación de bienestar y comodidad es necesaria la insonorización del local o lugar.
- Se encuentra también características estéticas como la iluminación y decoración del lugar o local.

La regulación de estas características ambientales permite que el proceso de acondicionamiento tome en cuenta la composición química y física del aire. La siguiente figura explica de manera didáctica la información proporcionada anteriormente:

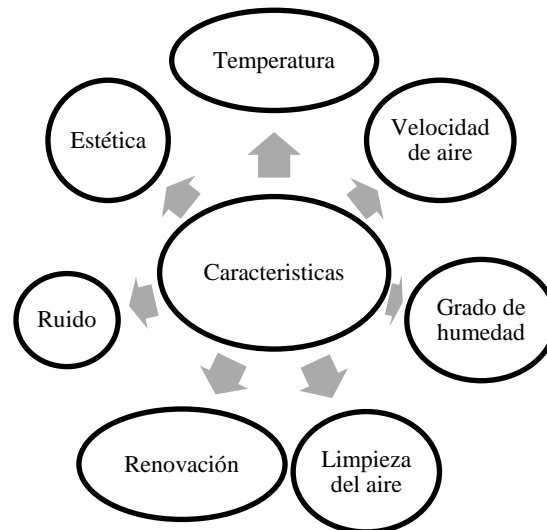


Figura.2.3 Características del aire acondicionado

Fuente: Adaptado de Lapuerta y Armas (2012)

Circuito de un sistema de aire acondicionado

Menciona Costta y Guevara (2015) el tipo de funcionamiento que realiza el circuito del aire, se produce en las siguientes etapas:

- Compresión: baja presión 3 bar y temperatura de 5°C, se aspira el fluido en estado gaseoso y lo expulsa comprimido, a alta presión de 20 bar y

a 110°C de temperatura, la correa del alternador produce energía permitiendo el proceso.

- Condensación: el fluido gaseoso (aire) ingresa al condensador a alta temperatura y presión. Aquí se produce la cesión de calor del aire, a temperatura media 60° y alta presión 19 bar.
- Filtrado y desecado: Se atraviesa el filtro para absorber la humedad, se eliminan las impurezas del líquido, se produce un cambio termodinámico.
- Expansión: en estado líquido, a 19 bar y a 60°C de temperatura, el fluido queda a 0°C y una presión de 3 bar.
- Evaporación: Se introduce en el evaporador, para poder realizar esta función el fluido absorbe el calor, mientras la humedad es consensada y se aglomera bajo el intercambiador, para finalmente ser expulsada por u conducto de desagüe.
- Control: Para evitar daños al compresor, el fluido debe encontrarse en estado gaseoso. En los circuitos que contengan válvulas de expansión termostática, el control es realizado por el evaporador, midiendo la temperatura de entrada y salida (2 y 10 °C). Una vez realizada la evaporación total del fluido, el ciclo se repite.

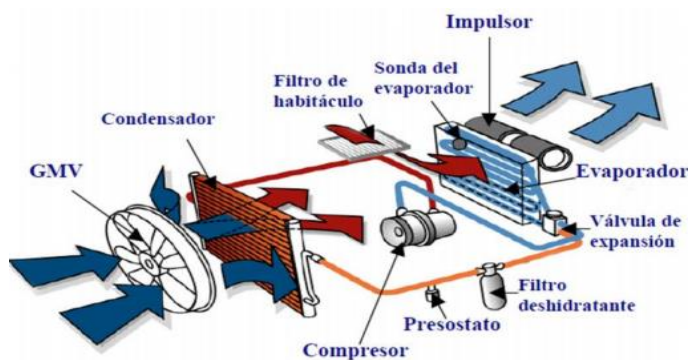


Figura 2.4 Componentes del aire acondicionado

Fuente: Adaptado de Costa y Guevara (2015)

Aplicaciones del acondicionamiento de aire

Según Huanca (2019), el aire acondicionado posee dos aplicaciones posibles: conservar la comodidad del ser humano y controlar un proceso industrial. Las condiciones en ambas aplicaciones dependen del proceso industrial considerando los materiales que se manejan, respecto a la comodidad humana depende de las particularidades de la persona. Las necesidades básicas para la instalación de aire acondicionado son la accesibilidad, simplicidad del diseño y facilidad de equipamiento.

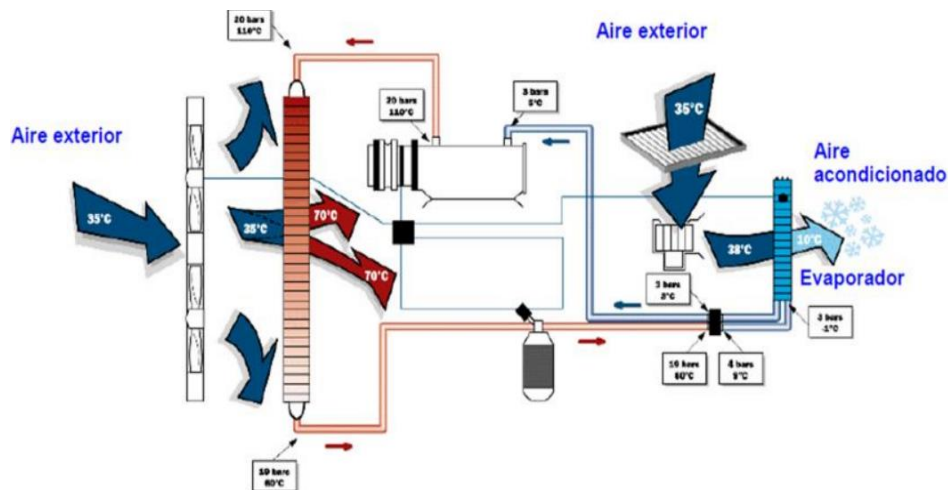


Figura 2.5. Temperatura en los sistemas de aire acondicionado

Fuente: Adaptado de Costa y Guevara (2015)

2.2.2.2. Disponibilidad

Según García (2016) la disponibilidad es la capacidad para mantenerse en funcionamiento de forma adecuada, sin la presencia de fallas o inconvenientes que afecten los parámetros establecidos. Se refiere a la operatividad para mantener su funcionalidad; en este sentido, depende de la fiabilidad y la mantenibilidad, conceptos que serán aclarados más adelante. Su fórmula es:

Ecuación 1 Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

2.2.2.3. Indicadores de disponibilidad

Para Caballero y Clavero (2016) existen dos indicadores en la medición de esta variable, a saber, el MTBF y el MTTR.

- **Tiempo medio entre fallas (MTBF):** Se refiere al tiempo promedio que se toma la maquinaria para presentar alguna falla o avería que impida el funcionamiento, es decir, se afecte su disponibilidad que puede ser sumamente perjudicial. En el cálculo de dicho indicador se presenta la siguiente formula.

Ecuación 2 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ paradas correctivas}}$$

- **Tiempo medio para reparaciones (MTTR):** Es indicador considera el tiempo en promedio que toman las reparaciones del equipo, es decir, los momentos que no se encuentra dentro del proceso productivo; para su cálculo se presenta la siguiente formula.

Ecuación 3 Tiempo medio para reparaciones (MTTR)

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ Horas de reparacion}}{N^{\circ} \text{ reparaciones correctivas}}$$

2.3. Definición de términos básicos

En este apartado se presentan la definición de términos básicos relacionados a la presente investigación, los mismos que son detallados a continuación:

Aire acondicionado: Control de la temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire en un área confinada, según se precise, para comodidad del personal o proceso industrial realizado. Se denomina así al dispositivo utilizado para controlar dichos aspectos en el entorno de un trabajo o domicilio (García, 2018, p.52).

BTU: Hace referencia a la unidad térmica inglesa denominada British Thermal Unit. Es la cantidad de calor necesario que hay que sustraer a 1 libra de agua para reducir su temperatura 1° F. Un BTU es equivalente a 0,252 Kcal (Jacome, 2014, p.70).

Climatización: Actividad que consiste en mantener automáticamente durante un lapso de tiempo, los valores máximos y mínimos de temperatura y humedad de aire en un ambiente específico designado, dentro de los valores establecidos (García, 2018, p.54).

Disponibilidad: Capacidad de ellos para mantenerse en funcionamiento de forma adecuada durante el proceso que se esté desarrollando, sin la presencia de fallas o inconvenientes que afecten los parámetros establecidos (García, 2016, p.152)

Falla: Incapacidad temporal o permanente del equipo de realizar la función requerida para la cual fue creada (Espinoza, 2017, p.41).

Filtro: Dispositivo para remover partículas extrañas de un fluido (García, 2018, p.55).

Hoja de Vida: Documento donde se encuentran todas las modificaciones y reparaciones registradas, las cuales se les aplicaron a los equipos con fecha de ejecución (Espinoza, 2017, p.42).

Humedad: Vapor de agua presente en el aire. En tanto que en términos relativos se refiere a la vinculación entre la cantidad de vapor que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener (García, 2018, p.55).

Infiltración: Se le denomina así al paso del aire exterior hacia el edificio, mediante ventanas, puertas, accesos de luz, entre otros (García, 2018, p.56).

Limpiador de aire: Dispositivo utilizado para remover impurezas producidas en el aire (García, 2018, p.56).

Mantenimiento: Conjunto de labores y operaciones de carácter técnico para lograr una mejor conservación de los equipos, es decir, se mantiene en funcionamiento durante el mayor tiempo posible considerando los menores costos (Jiménez, 2018, p.74)

Orden de Trabajo: Formato escrito, que se entrega al técnico para la ejecución del mantenimiento, se detalla la fecha de expedición y reparación, el instructivo y equipo al cual se le deberá efectuar dicho instructivo, una vez realizada, debe ser archivada (Espinoza, 2017, p.42).

Reparación: Es la actividad que consiste en el restablecimiento de un equipo a su condición óptima mediante el reemplazo, la renovación o reparación de piezas dañadas o desgastadas (Espinoza, 2017, p.42).

RCM: Es un método utilizado de manera constante que permite identificar las necesidades de mantenimiento de un activo físico en su entorno operacional, también puede ser entendido como un método para determinar las funciones de un sistema y la forma de fallas que pueden suceder (OShall, 2017, p31)

Temperatura: Se denomina así a la intensidad de calor o frío, el cual es medido con un termómetro, el cual mide la velocidad del movimiento de las moléculas (García, 2018, p.56).

Tiempo medio para reparaciones: Se refiere al tiempo promedio que se toma el equipo para presentar alguna falla o avería que impida el correcto funcionamiento y afecte su disponibilidad (Caballero y Clavero, 2016, p.163)

Tiempo medio entre fallas: Considera el tiempo en promedio que toman las reparaciones del equipo, es decir, el tiempo que no se encuentra dentro del proceso productivo (Caballero y Clavero, 2016, p.163)

Ventilación: Flujo de aire forzado, por diseño, entre un espacio y otro. En tanto, la ventilación mecánica es el procedimiento controlado de renovación de aire en ambientes cerrados, a través de dispositivos electromecánicos en contraposición a la ventilación natural variable y aleatoria (García, 2018, p.56).

3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1.Situación previa

Se ha desarrollado la evaluación de los factores necesarios para hallar la disponibilidad, ya que las frecuentes fallas también se incrementan en las reparaciones.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Tabla 3.1.

Tiempo medio entre fallas (escenario previo)

MES	N° Horas de operación (Promedio de 3 equipos)	N° Paradas correctivas (Promedio de 3 equipos)	MTBF
Mes 1	466.67	11.33	41.18
Mes 2	465.00	11.00	42.27
Mes 3	460.00	10.33	44.52
Mes 4	444.33	10.00	44.43
Mes 5	458.00	9.67	47.38
Mes 6	474.67	9.67	49.10

Para una mejor supervisión de los momentos entre fallas y tiempos para reparación se realizó la toma de tiempos en un formato de prueba tal como se evidencia en el anexo 5 para las actividades preventivas en el escenario previo y en las figuras del anexo 7 para las actividades de reparación dentro del escenario inicial.

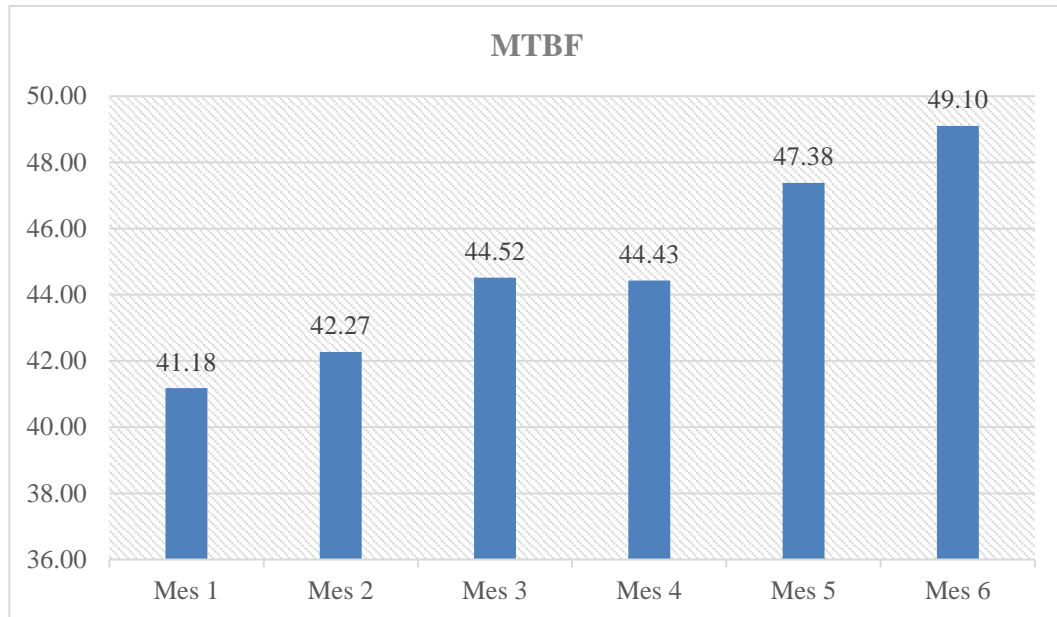


Figura 3.1 Tiempo medio entre fallas (escenario previo)

En la tabla 3.1 y figura 3.1, se observa que el desarrollo del indicador MTBF en el escenario inicial no ha sido el óptimo, en tanto que, a pesar de haber experimentado un ligero crecimiento, este no refleja el deseo de tener el equipo disponible durante el mayor tiempo posible; ante ello se realizaron cambios que aseguraron un mejor funcionamiento para que el tiempo que sucede entre las fallas sea el mayor.

Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

Tabla 3.2.

Tiempo medio entre reparaciones (escenario previo)

MES	Tiempo Total reparación correctiva (Horas)	Nº reparaciones correctivas (und)	MTTR
Mes 1	122.67	11.33	10.82
Mes 2	112.67	11.00	10.24
Mes 3	96.33	10.33	9.32
Mes 4	94.67	10.00	9.47
Mes 5	90.00	9.67	9.31
Mes 6	93.33	9.67	9.66

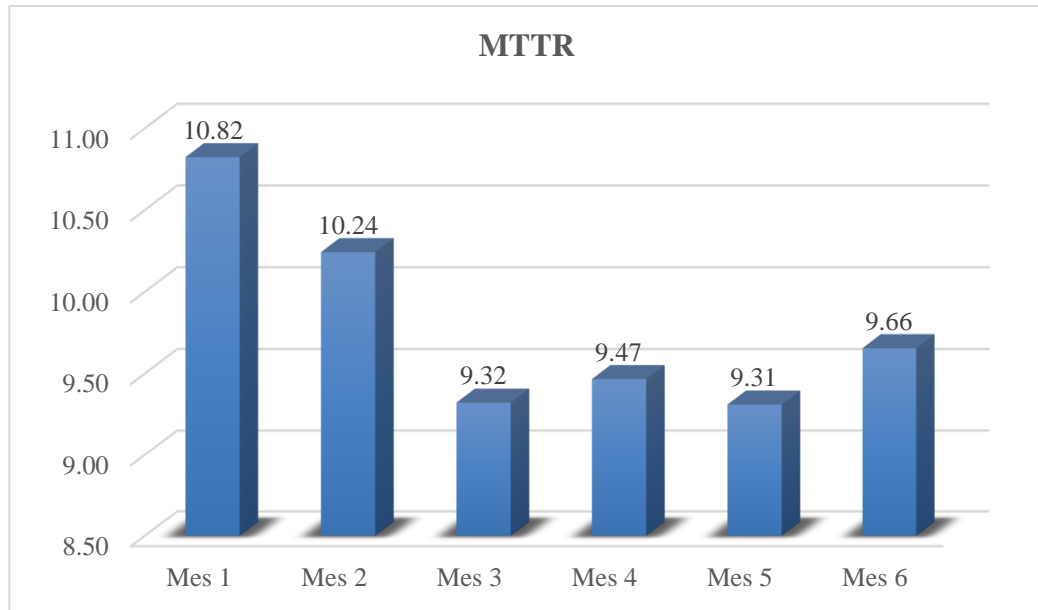


Figura 3.2 Tiempo medio para reparaciones (escenario previo)

Anteriormente, se detalla el desarrollo del indicador del tiempo medio para reparaciones no ha sido el mejor durante el escenario previo, debido a que ha mostrado una leve evolución de mejora, es decir, las reducciones de los tiempos no han sido significativas y ello no evidencia el deseo de contar con el equipo disponible durante el mayor tiempo posible, por lo que se planteó cambios que aseguraron un mejor desempeño de los equipos para que el tiempo que toma la reparación y mantenimiento sea cada vez mucho menor en su disponibilidad.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

Para un mejor detalle se muestra el desarrollo de la disponibilidad en los meses de análisis.

Mes 1:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$Disponibilidad = \frac{41.18}{10.82 + 41.18} * 100\%$$

$$Disponibilidad = \frac{41.18}{52} * 100\%$$

$$Disponibilidad = 0.7919 * 100\% = 79.19\%$$

Mes 2:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{42.27}{10.24 + 42.27} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{42.27}{52.51} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.805 * 100\% = 80.50 \%$$

Mes 3:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{44.52}{9.32 + 44.52} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{44.52}{53.84} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8268 * 100\% = 82.68 \%$$

Mes 4:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{44.43}{9.47 + 44.43} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{44.43}{53.9} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8244 * 100\% = 82.44 \%$$

Mes 5:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{47.38}{9.31 + 47.38} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{47.38}{56.69} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8358 * 100\% = 83.58 \%$$

Mes 6:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{49.10}{9.66 + 49.10} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{49,10}{58,76} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8357 * 100\% = 83.57 \%$$

Como resumen sobre los cálculos mostrados anteriormente, se muestra la tabla de la situación previa en cada mes (promedio de los 3 equipos chillers).

Tabla 3.3.

Disponibilidad (escenario previo)

MES	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
Mes 1	41.18	10.82	79.19%
Mes 2	42.27	10.24	80.50%
Mes 3	44.52	9.32	82.68%
Mes 4	44.43	9.47	82.44%
Mes 5	47.38	9.31	83.58%
Mes 6	49.10	9.66	83.57%
Promedio	44.81	9.80	

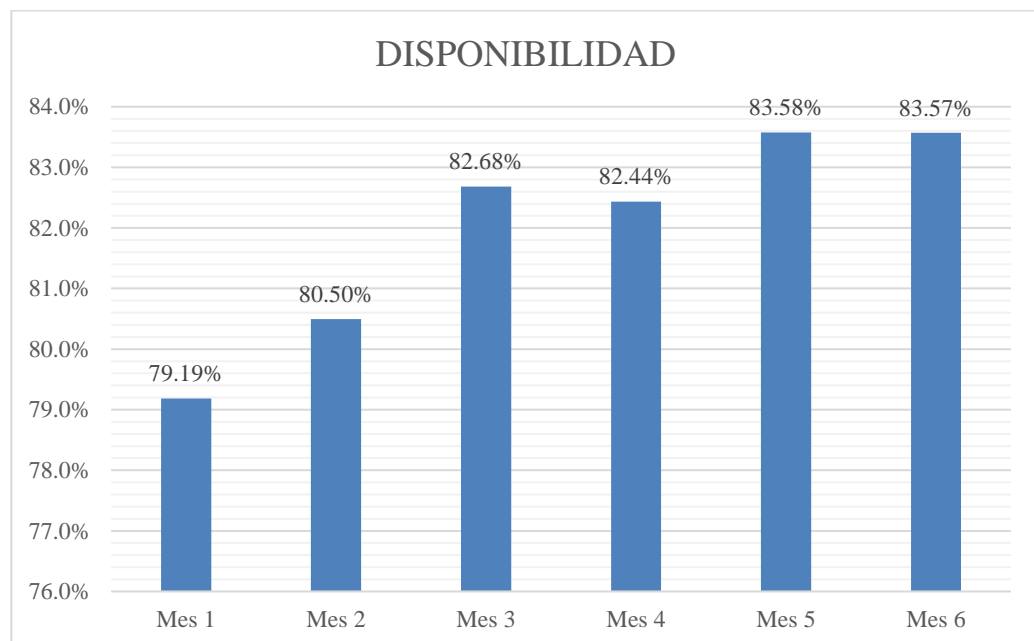


Figura 3.3 Disponibilidad (escenario previo)

Como se observa en la tabla 3.3 y figura 3.3, la evolución del indicador de la disponibilidad durante el escenario previo no ha sido el óptimo, en tanto que, a pesar de haber experimentado un ligero crecimiento, este no refleja el deseo de contar con el equipo disponible durante el mayor tiempo posible, por lo que se planteó cambios que aseguraron un mejor desempeño de los equipos para que el tiempo que sucede entre las fallas sea el mayor.

La empresa COOL LIDER TECH S.A.C se dedica a la instalación de sistemas de aire acondicionado, con instalaciones ubicadas en el distrito de San Juan de Miraflores en Lima Metropolitana. Actualmente, se ha identificado el problema central, el cual está dado por la baja disponibilidad, para comprender el problema se realizó en primera instancia el análisis en cuestión, a través del diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, con ello se logró detectar las dimensiones que lo originaban, tales como: medición, maquina, mano de obra, medio ambiente, materiales y metodología de trabajo, el cual se muestra a continuación:

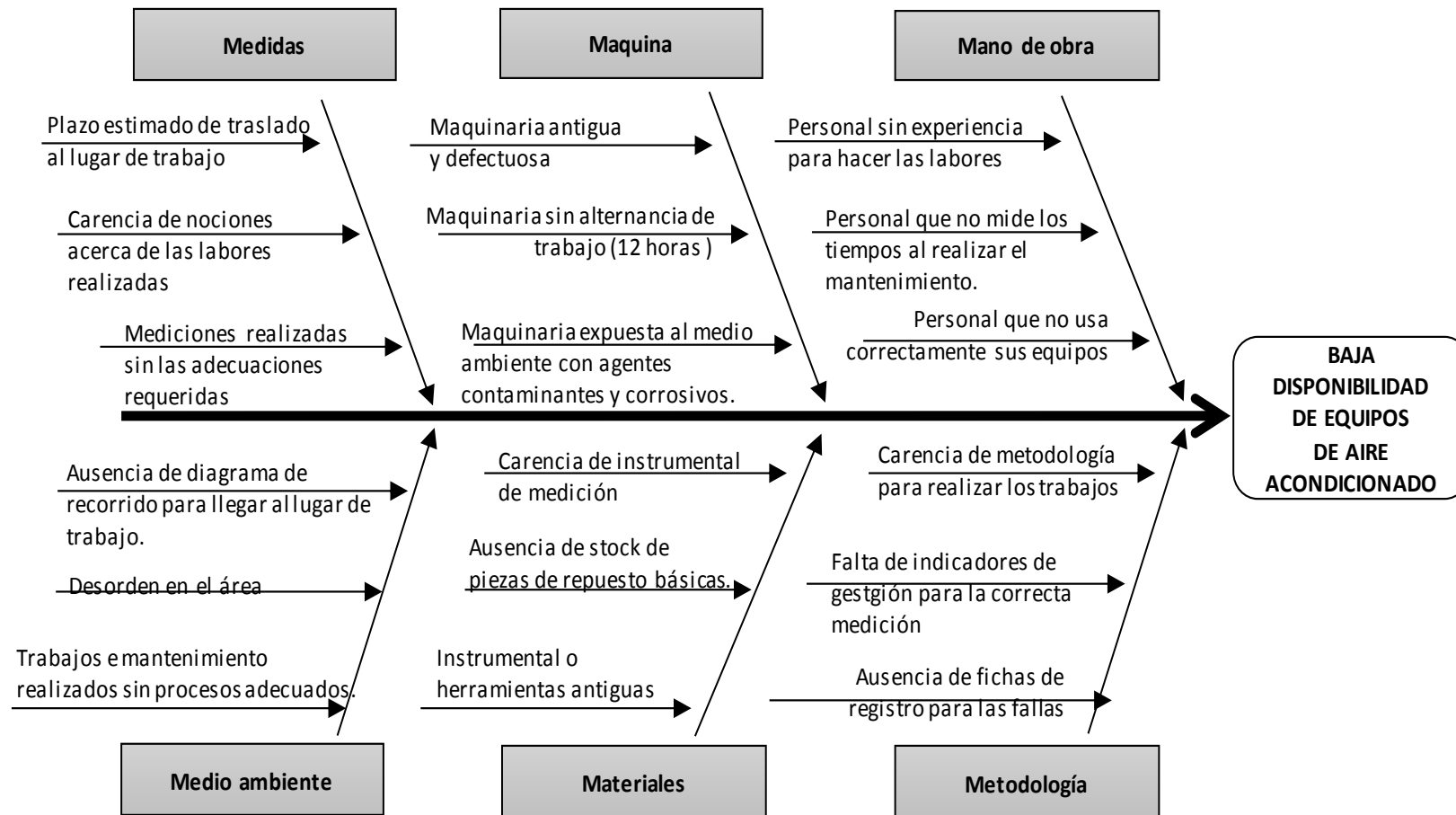


Figura.3.4 Diagrama de Ishikawa

En la figura 3.4 es posible observar los problemas; tales puntos corresponden a los aspectos físicos como la maquinaria, materiales y medio ambiente, y también a capacidades humanas mostradas en la mano de obra, la metodología utilizada y las medidas realizadas. Se ha determinado que los problemas concernientes a la maquinaria son causados por la antigüedad, la poca alternancia de los equipos y la exhibición a ambientes contaminantes; mientras que los problemas en los materiales se deben a la antigüedad de los instrumentos, la carencia de repuestos en stock y la inexistencia de instrumentos de medición. Además, los problemas referentes al medioambiente de trabajo son causados por el desorden del área, la ausencia de señalización adecuada y la ejecución de actividades sin procesos adecuados.

Complementariamente, el diagrama de Ishikawa muestra los inconvenientes referentes a la mano de obra, los cuales se basan en que el personal no cuenta con la experiencia adecuada para algunas tareas, no se regulan los tiempos de trabajo de mantenimiento y el mal uso de los equipos; seguidamente, las deficiencias en la metodología son causadas principalmente por la inexistencia de un plan metodológico y de fichas e instrumentos que permitan obtener indicadores de las operaciones. Asimismo, se ha establecido que las medidas de las operaciones también poseen deficiencias y sus causas se basan en la carencia de conocimiento sobre las actividades, en las mediciones mal realizadas y el plazo de traslado.

Se muestra la tabla de puntuación con todas las causas de los problemas en análisis; se muestra la puntuación por cada participante encuestado, así como la puntuación total; tal puntuación permite establecer un orden, colocando las causas más importantes de mayor a menor en orden descendente:

Tabla 3.4.

Análisis de Pareto

N°	Descripción	E1	E2	E3	E4	E5	Pun.	Frec. Relativa	Frec. Relt. Acumulada
1	Carencia de metodología	5	5	5	5	5	25	21%	21%
2	Falta de indicadores de gestión	5	5	5	5	4	24	20%	41%
3	Personal sin experiencia para hacer las labores	5	5	5	5	4	24	20%	61%
4	Ausencia de fichas de registro para las fallas	5	5	4	5	4	23	19%	80%
5	Maquinaria antigua y defectuosa	2	1	1	1	0	5	4%	84%
6	Carencia de instrumental de medición	1	1	1	0	1	4	3%	88%
7	Ausencia de diagrama de recorrido	1	1	1	1	0	4	3%	91%
8	Carencia de nociones acerca de las labores	1	1	0	0	1	3	3%	93%
9	Trabajos de mantenimiento realizados sin procesos adecuados.	1	0	0	1	0	2	2%	95%
10	Instrumental o herramientas antiguas	0	1	0	0	1	2	2%	97%
11	Mediciones realizadas sin las adecuaciones requeridas	1	0	0	1	0	2	2%	98%
12	Desorden	0	0	1	0	0	1	1%	99%
13	Personal que no mide los tiempos al realizar el mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0%	99%
14	Maquinaria sin alternancia de trabajo (24 horas de uso sin descanso.	0	1	0	0	0	0	0%	100%
15	Plazo estimado de traslado al lugar de trabajo	0	0	0	0	0	0	0%	100%
16	Maquinaria expuesta al medio ambiente con agentes contaminantes.	0	0	0	0	0	0	0%	100%
17	Ausencia de stock de piezas de repuesto básicas.	0	0	0	0	0	0	0%	100%
18	Personal que no usa correctamente sus equipos de producción.	0	0	0	0	0	0	0%	100%
TOTAL							120	100%	

En la tabla 3.4 se observa que la causa fundamental encontrada corresponde a la falta de una de metodología para realizar los trabajos el cual representa un 21% de la problemática en análisis; seguidamente, la ausencia de indicadores de gestión que representa un 20% del problema, un 20% también le corresponde a la poca experiencia de los trabajadores para hacer las labores; mientras que a la ausencia de fichas para registrar las fallas representa un 19% del problema.

Siendo que estas 4 causas representan en conjunto el 80% del problema y se procede a realizar el diagrama de Pareto:

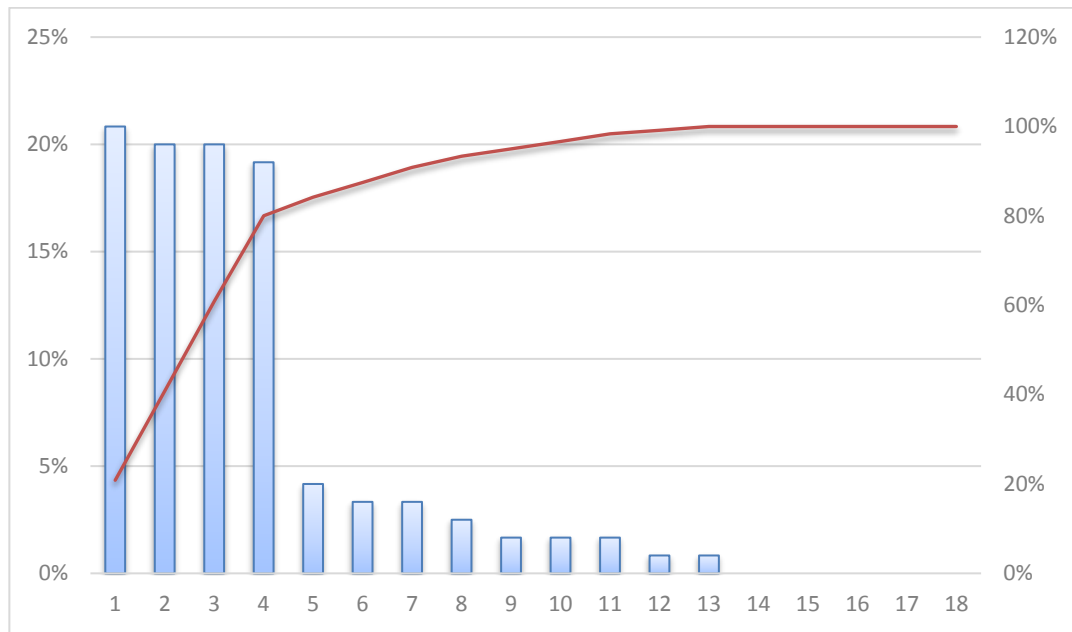


Figura 3.5 Diagrama de Pareto

Se han determinado que existen 18 causas que explican el total del problema, de las cuales existen 4 principales, que, en su conjunto, explican el 80% de las deficiencias de la organización.

3.2. Diagnóstico de los puntos críticos

Se desarrollaron los puntos críticos, logrando un cambio significativo en la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado.

a) **Carencia de metodología para realizar los trabajos**

El punto más relevante observado ha sido la carencia de una metodología para realizar los trabajos de mantenimiento, es decir, no había un respaldo metodológico que guíe el desarrollo de actividades para estar alineadas al trabajo de mantenimiento de los equipos; en este sentido gran parte de la propuesta se basa en el uso del RCM para lograr una mejora en dicho aspecto.



Figura 3.6 Ambiente de trabajo desordenado a falta de una metodología

En la figura 3.6 se observa el desorden en la forma de trabajo ante la falta de una metodología que guíe el proceso de mantenimiento y su gestión. A partir del lineamiento en la organización del trabajo, se logró realizar cambios en todos los pasos del mantenimiento.

b) Personal sin experiencia para hacer las labores

En el tipo de labores que se desarrollan, es extensivo el capital humano con el uso de mano de obra y el conocimiento; lo cual permite el mantenimiento de los equipos. A pesar de dicha importancia se ha observado grandes falencias en el conocimiento técnico sobre el arreglo de estos equipos, así como en vacíos metodológicos para la aplicación de la propuesta. Para muestra de ello se presenta la siguiente imagen.



Figura 3.7 Personal sin experiencia para hacer las labores

En la figura 3.7 se observa a los trabajadores realizando las labores de mantenimiento sin el uso adecuado de guantes de protección y manipulando directamente el equipo, lo que hace notar la falta de experiencia sobre el tema. En este sentido, se desarrolló talleres y capacitaciones que han vital para lograr un cambio importante en la forma de trabajo y por ende una mayor disponibilidad en los trabajos de mantenimiento.

c) Falta de indicadores de gestión para la correcta medición

Un aspecto esencial para el cambio es el planteamiento de indicadores de gestión que puedan medir el desempeño, dentro de la metodología RCM se consideran las confiabilidades. A partir de la óptima supervisión del cumplimiento de la gestión, se realizó cambios en la disponibilidad.

d) Ausencia de fichas de registro para las fallas

El último aspecto mencionado como factor crítico importante es la ausencia de fichas de registro para las fallas, su implementación ha logrado controlar las labores de mantenimiento el cual se pudo identificar las fallas funcionales del equipo.



Figura 3.8 Ausencia de fichas de registro para las fallas

En la figura 3.8 se observa a los trabajadores terminando el proceso de mantenimiento sin haber registrado los cambios realizados en el equipo. A partir de ello, se mejoró e implemento un planteamiento que permitió establecer el uso de las fichas en las actividades diarias, logrando así, una base de datos sobre los problemas más comunes que involucraban la disponibilidad.

3.3. Planificación de la implementación

Se muestra la planificación de la metodología RCM, se comenta la duración de cada paso y las personas que se harán cargo de realizarlas y de la supervisión.

Tabla 3.5.

Planificación de la implementación realizada

Etapa	Actividades	Tiempo	Encargado
Análisis inicial	Diagnóstico de la situación inicial	2 semanas	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Determinación de causas críticas	2 semanas	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Levantamiento de datos de mantenimiento inicial	4 meses	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Análisis de Pareto de ocurrencia de fallos	1 semana	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Definir formato para registro de fallas	2 semanas	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Mejora a través del RCM	Efectuar procedimiento de gestión	2 semanas
Programa de capacitación		2 semanas	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
Elaboración de check-list		2 semanas	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
Evaluación del cambio	Recolección de datos de mantenimiento final	4 meses	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Evaluación del MTTR	1 semana	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Evaluación del MTBF	1 semana	Arce Carrazco y Moreno Tenorio
	Evaluación de la disponibilidad	1 semana	Arce Carrazco y Moreno Tenorio

3.4. Actividades para la mejora

Para lograr las mejoras, en primer lugar, se diseñó un reporte de mantenimiento preventivo de expansión directa tal como se muestra en la siguiente imagen.



REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EXPANSION DIRECTA

CLIENTE:	OECHSLE CENTRO CIVICO		FECHA:	18/09/2017		
MODELO :	38ABA2713810		PERIODO:	SEPTIEMBRE		
SERIE:	3501B21542		TIPO DE EQUIPO :	CHILLER		
MARCA:	CARRIER		CAPACIDAD:	80 TON		
AREA:	PISO DE VENTA		PISO:	AZOTEA		
1	PARA METROS DE OPERACION		Circuito A	Unid.	Circuito B	Unid.
1.1	Presión de succión			PSI		PSI
1.2	Presión de líquido			PSI		PSI
1.3	Tensión de suministro	Placa:	380	Vol.	380	Vol.
1.4	Amperaje de compresor	Placa:		Amp		Amp
1.5	Amperaje del motor del condensador	Placa:		Amp		Amp
1.6	Amperaje del motor del evaporador	Placa:		Amp		Amp
1.7	Temperatura de suministro de aire en el evaporador			°C		°C
1.8	Temperatura del ambiente acondicionado			°C		°C
1.9	Medición de aislamiento eléctrico del compresor			M. ohm		M. ohm
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES						

Nombre del Técnico:

Firma del Técnico:

Nombre del Cliente:

Firma del Cliente:

Figura 3.9 Reporte de mantenimiento

El formato es importante para diagnosticar a tiempo las posibles fallas y establecer activadas correctivas en búsqueda de una mayor disponibilidad de los equipos.

- Tareas de mantenimiento: considera la relación entre las tareas cumplidas y el total de tareas programadas para el equipo, el resultado de dicha división es expresado porcentaje.

- **Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** Relaciona las inspecciones realizadas y el total, el cumplimiento es medido en porcentaje.
- **Confiabilidad operacional:** Relación de los eventos detectados en el mantenimiento respecto al total de eventos sucedidos, el cumplimiento es medido en porcentaje.

La medición de cada una de ellas fue posible, con el esfuerzo conjunto de los trabajadores y un minucioso cuidado en el análisis. A continuación, se desarrolla, con una ficha de recolección de datos, las dimensiones y datos correspondientes a los 3 equipos chillers mediante el Anexo 9.

- El equipo chiller 1 ha presentado un aumento del índice de tareas de mantenimiento, pasando de 58% en el mes de diciembre del 2018 a 94% en el mes de noviembre del 2019. De manera similar, el indicador de RCM ha manifestado un alza pasando de 20% en el mes de diciembre del 2018 a 93% en el mes de noviembre del 2019. Análogamente, el indicador de confiabilidad operacional incremento de 68.33% a 94.44% en el mismo periodo. Para la evidencia de dichos cambios se detalla como ejemplo las siguientes fichas de labores de mantenimiento.
- El equipo chiller 2 ha presentado un aumento del índice de tareas de mantenimiento, pasando de 53% en el mes de diciembre del 2018 a 94% en el mes de noviembre del 2019. De manera similar, el indicador de RCM ha manifestado un alza pasando de 17% en el mes de diciembre del 2018 a 96% en el mes de noviembre del 2019. Análogamente, el indicador de confiabilidad operacional incremento de 66.67% a 94.44% en el mismo periodo. Para la evidencia de dichos cambios se detalla como ejemplo las siguientes fichas de labores de mantenimiento.
- El equipo chiller 3 ha presentado un aumento del índice de tareas de mantenimiento, pasando de 52% en el mes de diciembre del 2018 a 95% en el mes de noviembre del 2019. De manera similar, el indicador de RCM ha manifestado un alza pasando de 26% en el mes de diciembre del 2018 a 96% en el mes de noviembre del 2019. Análogamente, el indicador de confiabilidad operacional incremento de 60.00% a 94.12% en el mismo periodo. Para la evidencia de dichos cambios se detalla como ejemplo las siguientes fichas de labores de mantenimiento.



CHECKLIST DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CLIENTE:		FECHA:	
MODELO :		PERIODO:	
SERIE:		TIPO DE EQUIPO :	
MARCA:		CAPACIDAD:	
AREA:		PISO:	
TIPO DE SERVICIO	PREVENTIVO ()		
1	Limpeza de bandeja de drenaje		
2	Ajuste de terminales electricos de compresores y motores		
3	Ajuste de terminales electricos de contactores y borneras		
4	Desaarte visual de fuga de refrigerante		
5	Limpeza de difusores y rejillas		
6	Limpeza general externa del equipo		
7	Comprobacion de eficiencia de filtros secadores		
8	Verificacion de operacion del sistema de control : Termostato y Tajetas		
9	Lectura de parametros de operacion :		
9.1	Verificacion de presion de succion		
9.2	Verificacion de presion de liquido		
9.3	verificacion de voltaje de entrada	Placa:	
9.4	Verificacion de amperaje del compresor	Placa:	
9.5	Verificacion del amperaje del condensador	Placa:	
9.6	Verificacion del amperaje del evaporador	Placa:	
9.7	Verificacion de temperatura de salida de aire		
9.8	Verificacion de temperatura del ambiente acondicionado		
9.9	Verificacion del aislamiento electrico		
10	Lavado externo del serpentín condensador con solvente especial		
11	Lavado dexterno del serpentín evaporador con solvente especial		
12	Pintado de bases y soportes metalicos expuestos		

Nombre del Tecnico:

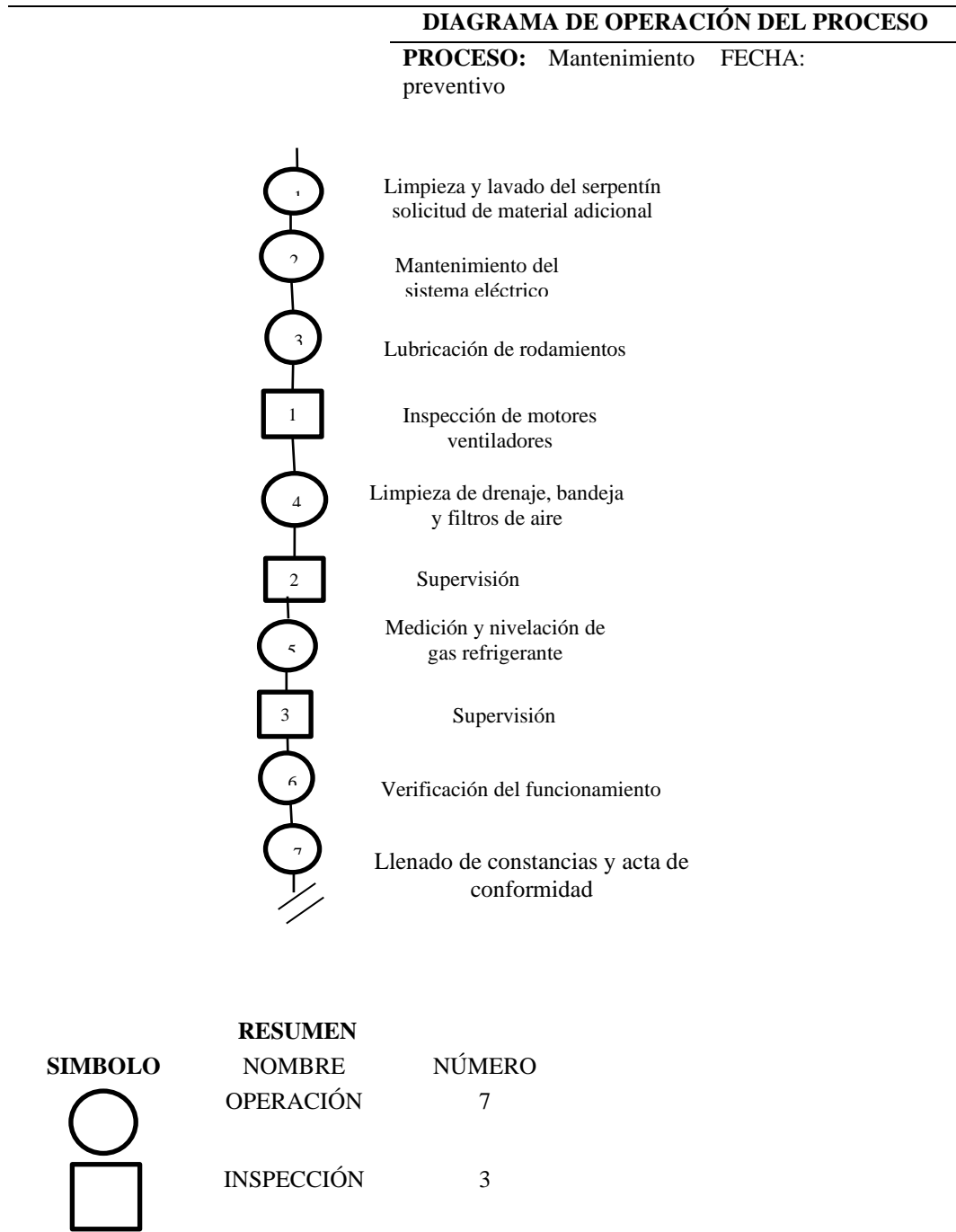
Nombre del Cliente:

Figura 3.10 Check list de labores de mantenimiento

En la figura 3.10 se muestra el formato que se empleó para el control de mantenimiento de los equipos chillers 1, 2 y 3.

Tabla 3.6

Diagrama de operación del proceso preventivo



Se elaboró un diagrama de operación de proceso para enseñar al personal técnico los pasos que debe seguir para realizar el mantenimiento preventivo.

En el análisis de la metodología RCM, se ha procedido a encontrar los valores del cumplimiento de las dimensiones como tareas cumplidas, inspecciones y eventos, es decir, se procede a dividir los valores ejecutados sobre la planificación. Cabe

resaltar que el detalle se observa en el Anexo 9. A modo de resumen se presenta la siguiente tabla del cumplimiento de las tres dimensiones de la metodología RCM.

Tabla 3.7

Indicadores de metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional para un Chiller promedio

Mes	Tareas Cumplidas (Und)	Total, de Tareas (Und)	TM	Inspecciones Realizadas (Und)	Total, Inspecciones (Und)	RCM	Eventos Detectados (Und)	Total, de Eventos (Und)	CO
dic-	24.67	45.33	54%	7.33	35.00	21%	39.00	60.00	65%
ene-	24.00	45.00	53%	9.33	35.00	27%	39.33	60.00	66%
feb-	27.33	45.67	60%	10.67	35.00	30%	39.33	60.00	66%
mar-	25.33	43.67	58%	11.67	35.00	33%	40.00	60.00	67%
abr-	24.00	43.33	55%	13.33	35.00	38%	38.67	60.00	64%
may-	23.00	42.67	54%	15.33	35.00	44%	3A8.00	60.00	63%
jun-	28.00	38.67	72%	18.00	27.00	67%	37.67	50.00	75%
jul-	29.00	35.67	81%	20.33	27.00	75%	32.67	40.00	82%
ago-	27.67	31.67	87%	22.00	27.00	81%	25.00	30.00	83%
sep-	25.00	27.67	90%	23.00	27.00	85%	19.00	22.00	86%
oct-	21.00	23.00	91%	24.33	27.00	90%	18.00	20.00	90%
nov-	17.33	18.33	95%	25.67	27.00	95%	16.67	17.67	94%

Tabla 3.8

Indicadores Promedio (previo – posterior) de metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional para los equipos Chillers

Detalle	Seis meses previos a la Implementación de la Metodología	Seis meses posteriores a la Implementación de la Metodología
Tarea de Mantenimiento (T.M.)	56%	86%
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.)	32%	82%
Confiabilidad Operacional (C.O)	65%	85%

En la tabla 3.8 se exponen los indicadores TM (tareas de mantenimiento), RCM y CO (confiabilidad operacional) promedio de los 3 equipos chiller, donde se observa que TM previo a la intervención de la metodología paso de 56% a 86% posterior a la metodología. También, el valor del indicador RCM previo a la intervención de la metodología paso de 32% a 82% posterior a la metodología.

Finalmente, el indicador de confiabilidad operacional previo a la intervención de la metodología paso de 65% a 85% posterior a la metodología.

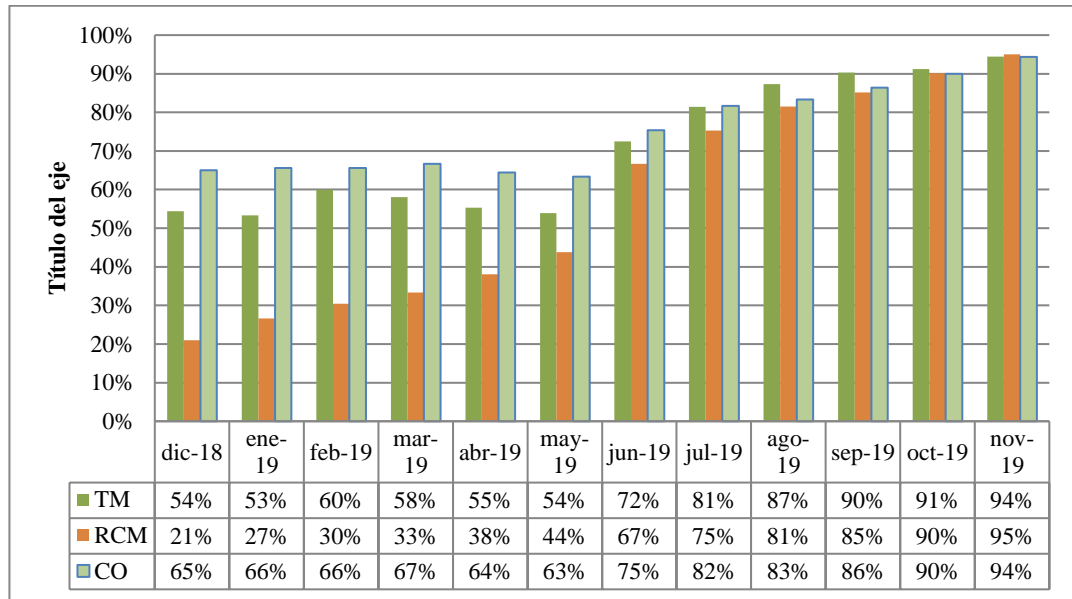


Figura 3.11 Comportamiento de la metodología RCM, tareas de mantenimiento y confiabilidad operacional

En la figura 3.11 se muestra la evolución de los indicadores TM, RCM y CO promedio para los 3 equipos chillers durante el periodo de diciembre de 2018 a noviembre del 2019. Para los tres indicadores se observa que a partir de la implementación de la metodología RCM en el mes de junio del 2019 existe un incremento positivo de los indicadores, alcanzando valores cada vez más altos durante los siguientes meses; los indicadores alcanzan su valor máximo en noviembre del 2019 luego de una tasa de crecimiento constante.



Figura 3.12 Labores de mantenimiento

Fuente cool líder tech

3.5.Desarrollo de los objetivos

Desarrollo del objetivo específico 1:

Medir el nivel de conocimiento del personal posterior a la implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

Se realizó la comprobación al cumplimiento del objetivo específico 1. Como parte de la problemática en la baja disponibilidad de equipos de aire acondicionado en la empresa de análisis, se identificó que uno de los factores críticos es la presencia de personal sin experiencia para las labores correctivas. A continuación, se observan las diapositivas como evidencias de los talleres realizados para la mejor capacitación.



Figura 3.13 Diapositivas del taller de capacitación 1



Figura 3.14 Diapositivas del taller de capacitación 2



Figura 3.15 Diapositivas del taller de capacitación 3



Figura 3.16 Diapositivas del taller de capacitación 4

Para mejorar la problemática, ha planteado realizar capacitaciones respecto a la metodología RCM a todo el personal operativo de la empresa, dichas capacitaciones estuvieron dirigidas por los dos investigadores y el acompañamiento de otros trabajadores con mayor experiencia y conocimiento del tema. En este sentido, se presenta un cronograma de las capacitaciones de manera mensual.

Tabla 3.9.

Cronograma mensual de capacitaciones

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	2	3	4	5	6
<u>Evaluación 1</u>			<u>Taller 1</u>		
<p>Nivel de conocimiento (antes de las capacitaciones)</p> <p>Duración 25 min</p>			<p>Tema: Climatización, Conceptos básicos de climatización y Aire acondicionad</p> <p>Duración 45 min</p>		
8	9	10	11	12	13
<u>Taller 2</u>					
<p>Tema: Tipos de sistemas de AC, Sistema tipo Chiller</p> <p>Duración 45 min</p>					
14	15	16	17	18	19
<u>Taller 3</u>			<u>Taller 4</u>		
<p>Tema: Elementos complementarios de aire acondicionado</p> <p>Duración 60 min</p>			<p>Tema: Información complementaria de aire acondicionado. Prácticas en el taller</p> <p>Duración 45 min</p>		
20	21	22	23	24	25
<u>Evaluación 2</u>					
<p>Nivel de conocimiento (después de las capacitaciones)</p> <p>Duración 25 min</p>					

Como se observa en la tabla 3.9, se ha desarrollado un cronograma de capacitaciones que consta de 04 talleres durante el mes, los cuales poseen una duración entre 45 a 60 minutos cada uno; además se ha desarrollado 2 evaluaciones para medir el nivel de capacitación y aprendizaje. La primera evaluación al inicio del mes para medir el conocimiento técnico del personal. Los 4 siguientes temas a tratar son: los conceptos básicos de climatización, tipos de sistemas de aire acondicionado, elementos complementarios para sistemas de aire acondicionado y prácticas en el taller; al final del mes se realizó una segunda evaluación para comprobar la efectividad de los talleres.

Trabajador 1

COOL LiderTech EXAMEN (NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO) 12

Nombre y Apellido: Michael Tavea Estrada
 Fecha: 1/1 DNI: 41921031 Cargo: Tecnico Firma: JH

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUE SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN PARA LA COMPRESIÓN?
 a. TURBO CAPILAR. b. VALVULA DE EXPANSION ELECTRONICA. c. VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA. d. N.A.
- ¿QUE ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION **RECIBEN** ENERGIA EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 a. EVAPORADOR. b. CONDENSADOR. c. COMPRESOR. d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION. b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR. c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR. d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS. b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERADO, SOLENOIDE NO ACTUA. c. COMPRESOR AVERADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUCIO. d. SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 a. SEMI HERMETICO. b. HERMETICO. c. ABIERTO. d. N.A.
- UNA TONELADA DE REFRIGERACION EQUIVALE:
 a. 12.000 BTU/H. b. 18.000 BTU/H. c. 10.000 BTU/H. d. N.A.
- EL SOBRE CALENTAMIENTO ES:
 a. TEMPERATURA DE SATURACION MENOS LA TEMPERATURA DE SUCCION. b. TEMPERATURA DE SUCCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION. c. EL CALOR ESPECIFICO DEL REFRIGERANTE. d. SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 a. SPLIT. b. PAQUETE. c. CHILLER. d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿QUE INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 a. TERMOMETRO. b. ANEMOMETRO. c. PSICROMETRO. d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36.000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 a. 1500 CFM. b. 1200 CFM. c. 2000 CFM. d. N.A.

Figura 3.17 Evaluación previa del trabajador 1

COOL LiderTech EXAMEN (CAPACITACION EN MANTENIMIENTO) 16

Nombre y Apellido: Michael Tavea Estrada
 Fecha: 1/1 DNI: 41921031 Cargo: Tecnico Firma: JH

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUE OCURRE CON LA PRESION DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTA OBSTRUIDO?
 a. SE ELEVA. b. QUE BAJAMENTE. c. NO PASA NADA. d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUAL ES EL COMPORTAMIENTO DEL TERMISTOR NTC, CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA?
 a. DISMINUYE SU RESISTENCIA. b. AUMENTA SU RESISTENCIA. c. SE QUEMA. d. N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 a. SEMI HERMETICO. b. HERMETICO. c. ABIERTO. d. N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 a. SPLIT. b. PAQUETE. c. CHILLER. d. TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS.
- ¿COMO DEBERIA SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 a. LIQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE. b. VAPOR LISTO PARA EXPANDIRSE. c. VAPOR CALIENTE. d. N.A.
- ¿QUE ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 a. ACEITE MINERAL. b. ACEITE SINTETICO. c. ACEITE MONOGRADO. d. N.A.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS. b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERADO, SOLENOIDE NO ACTUA. c. COMPRESOR AVERADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUCIO. d. SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- ¿QUE SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERISTICAS LRA?
 a. CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO. b. CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE. c. CONSUMO DE VOLTAJE DE ARRANQUE. d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36.000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 a. 1500 CFM. b. 1200 CFM. c. 2000 CFM. d. N.A.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION. b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR. c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR. d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.

Figura 3.18 Evaluación posterior del trabajador 1

Trabajador 2

COOL Lider-Tech **EXAMEN** (NIVEL DE CONOCIMIENTO TECNICO) 12

Nombre y Apellido: Manuel Tincoza Huamani
 Fecha: 1/1 DNI: 1875463 Cargo: Tecnico Firma: Alf

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUE SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSION FIA O CONSTANTE?
 - a. TUBO CAPILAR.
 - b. VALVULA DE EXPANSION ELECTRONICA.
 - c. VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA.
 - d. N.A.
- ¿QUE ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION Y A LA VEZ ENERGIÁ EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 - a. EVAPORADOR.
 - b. CONDENSADOR.
 - c. COMPRESOR.
 - d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBTURADO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLERIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBTURADO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- UNA TONELADA DE REFRIGERACION EQUIVALE:
 - a. 12,000 BTU/H
 - b. 18,000 BTU/H
 - c. 30,000 BTU/H
 - d. N.A.
- EL SOBIRE CALENTAMIENTO ES:
 - a. TEMPERATURA DE SATURACION MENOS LA TEMPERATURA DE SUCCION.
 - b. TEMPERATURA DE SUCCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION.
 - c. EL CALOR ESPECIFICO DEL REFRIGERANTE.
 - d. SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿QUE INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 - a. TERMO METRO.
 - b. ANEMOMETRO.
 - c. PSICROMETRO.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.

Figura 3.19 Evaluación previa del trabajador 2

COOL Lider-Tech **EXAMEN** (CAPACITACION EN MANTENIMIENTO) 18

Nombre y Apellido: Manuel Tincoza Huamani
 Fecha: 1/1 DNI: 1875463 Cargo: Tecnico Firma: Alf

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUE OCURRE CON LA PRESION DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTA OBTURADO?
 - a. SE ELEVA
 - b. CAE RAPIDAMENTE
 - c. NO PASA NADA.
 - d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUAL ES EL COMPORTAMIENTO DEL TERMASTOR VTC, CUANDO ALIMENTA LA TEMPERATURA?
 - a. DISMINUYE SU RESISTENCIA.
 - b. AUMENTA SU RESISTENCIA.
 - c. SE CUELMA.
 - d. N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS.
- ¿COMO DEBERIA SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 - a. LIQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - b. VAPOR LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - c. VAPOR CALIENTE
 - d. N.A.
- ¿QUE ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 - a. ACEITE MINERAL.
 - b. ACEITE SINTETICO.
 - c. ACEITE MONOGRADO
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBTURADO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLERIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBTURADO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.
- ¿QUE SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERISTICAS (BART)?
 - a. CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO.
 - b. CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE.
 - c. CONSUMO DE VOLTAJE DE ARRANQUE.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.

Figura 3.20 Evaluación posterior del trabajador 2

Trabajador 3

COOL LiderTech **EXAMEN** (NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO) 10

Nombre y Apellido: Aurelio Calderon Davalos
 Fecha: 1/1 DNI: 09908333 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUÉ SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN FIA O CONSTANTE?
 - TUBO CAPILAR
 - VALVULA DE EXPANSION ELECTROINICA
 - VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA
 - N.A.
- ¿QUÉ ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN **LIBERA** ENERGÍA EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 - EVAPORADOR
 - CONDENSADOR
 - COMPRESOR
 - SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUÁLES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR
 - TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - SEMI HERMETICO
 - HERMETICO
 - ABIERTO.
 - N.A.
- UNA TONELADA DE REFRIGERACION EQUIVALE:
 - 12,000 BTU/H
 - 18,000 BTU/H
 - 10,000 BTU/H
 - N.A.
- EL SOBRECALENTAMIENTO ES:
 - TEMPERATURA DE SATURACION MENOS LA TEMPERATURA DE SUCCION.
 - TEMPERATURA DE SUCCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION.
 - EL CALOR ESPECIFICO DEL REFRIGERANTE.
 - SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - SPLIT
 - PAQUETE
 - CHILLER
 - TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿QUÉ INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 - TERMOMETRO
 - ANEMOMETRO
 - PSICROMETRO
 - N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - 1500 CFM
 - 1200 CFM
 - 2000 CFM
 - N.A.

Figura 3.21 Evaluación previa del trabajador 3

COOL LiderTech **EXAMEN** (CAPACITACIÓN EN MANTENIMIENTO) 16

Nombre y Apellido: Aurelio Calderon Davalos
 Fecha: 1/1 DNI: 09908333 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUÉ OCURRE CON LA PRESION DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTA OBSTRUIDO?
 - SE ELEVA
 - QUE BAJA MUY RÁPIDAMENTE.
 - NO PASA NADA.
 - SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CÓMO ES EL COMPORTAMIENTO DEL TERMISTOR NTC, CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA?
 - BIEN MANTIENE SU RESISTENCIA.
 - AUMENTA SU RESISTENCIA.
 - SE CUELGA.
 - N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - SEMI HERMETICO
 - HERMETICO.
 - ABIERTO.
 - N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - SPLIT
 - PAQUETE
 - CHILLER
 - TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS.
- ¿COMO DEBERIA SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 - LIQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - VAPOR CALIENTE
 - N.A.
- ¿QUÉ ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 - ACEITE MINERAL.
 - ACEITE SINTETICO.
 - ACEITE MONOGRADO
 - N.A.
- ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- ¿QUÉ SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS IBA?
 - CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO.
 - CONSUMO DE VOLTAGE DE ARRANQUE.
 - N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - 1500 CFM
 - 1200 CFM
 - 2000 CFM
 - N.A.
- ¿CUÁLES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.

Figura 3.22 Evaluación posterior del trabajador 3

Trabajador 4

COOL LiderTech EXAMEN (NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO) 12

Nombre y Apellido: Sebastian Alcocer Castillo
 Fecha: 1/1 DNI: 7373057 Cargo: Tecnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUÉ SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN O CONSTATOR?
 - a. FILTRO SECADOR
 - b. VALVULA DE EXPANSIÓN TÉRMICA
 - c. VALVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA
 - d. N.A.
- ¿QUÉ ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN **YATA** ABSORBE ENERGÍA EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 - a. EVAPORADOR
 - b. CONDENSADOR
 - c. COMPRESOR
 - d. SOLO (A) Y (B) SON CORRECTAS
- ¿CUÁLES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS
- ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS POR LAS QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUJOS
 - b. CONDENSADOR SUJO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUJO
 - d. SOLO (A) Y (C) SON CORRECTAS
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMÉTICO
 - b. HERMÉTICO
 - c. ABIERTO
 - d. N.A.
- UNA TONELADA DE REFRIGERACIÓN EQUIVALE:
 - a. 12,000 BTU/H
 - b. 18,000 BTU/H
 - c. 10,000 BTU/H
 - d. N.A.
- EL SOBRECARGAMIENTO ES:
 - a. TEMPERATURA DE SATURACION MENOR A LA TEMPERATURA DE SECCION
 - b. TEMPERATURA DE SECCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION
 - c. EL CALOR ESPECÍFICO DEL REFRIGERANTE
 - d. SOLO (B) Y (C) SON CORRECTAS
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PACULETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS
- ¿QUÉ INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 - a. TERMOMETRO
 - b. ANEMOMETRO
 - c. PSICROMETRO
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1300 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.

Figura 3.23 Evaluación previa del trabajador 4

COOL LiderTech EXAMEN (CAPACITACIÓN EN MANTENIMIENTO) 18

Nombre y Apellido: Sebastian Alcocer Castillo
 Fecha: 1/1 DNI: 7373057 Cargo: Tecnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUÉ OCURRE CON LA PRESIÓN DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTÁ OBSTRUIDO?
 - a. SE ELEVA
 - b. CAE RÁPIDAMENTE
 - c. NO PASA NADA
 - d. SOLO (A) Y (B) SON CORRECTAS
- ¿CÓMO ES EL COMPORTAMIENTO DEL TERMISTOR NTC, CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA?
 - a. DISMINUYE SU RESISTENCIA
 - b. AUMENTA SU RESISTENCIA
 - c. SE QUEDA
 - d. N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMÉTICO
 - b. HERMÉTICO
 - c. ABIERTO
 - d. N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PACULETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS
- ¿CÓMO DEBERÍA SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 - a. LÍQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE
 - b. VAPOR LISTO PARA EXPANDIRSE
 - c. VAPOR CALIENTE
 - d. N.A.
- ¿QUÉ ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 - a. ACEITE MINERAL
 - b. ACEITE SINTÉTICO
 - c. ACEITE MONOGRADO
 - d. N.A.
- ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS POR LAS QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUJOS
 - b. CONDENSADOR SUJO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUJO
 - d. SOLO (B) Y (C) SON CORRECTAS
- ¿QUÉ SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS LBHP?
 - a. CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO
 - b. CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE
 - c. CONSUMO DE VOLTAJE DE ARRANQUE
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1300 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.
- ¿CUÁLES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR
 - d. SOLO (A) Y (C) SON CORRECTAS

Figura 3.24 Evaluación posterior del trabajador 4

Trabajador 5

COOL Lider-Tech **EXAMEN** (NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO) 08

Nombre y Apellido: Ramiro Huayra Huamani
 Fecha: 1/1 DNI: 44385544 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUÉ SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN FIJA O CONSTANTE?
 - a. TUBO CAPILAR.
 - b. VALVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA.
 - c. VALVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.
 - d. N.A.
- ¿QUÉ ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN **EXTRACTA** ENERGÍA EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 - a. EVAPORADOR.
 - b. CONDENSADOR.
 - c. COMPRESOR.
 - d. SOLD (SI Y NO) SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR.
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBTURADO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVARIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVARIADO, CAPILAR OBTURADO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLD (SI Y NO) SON CORRECTAS.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO.
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- UNA TONELAJADA DE REFRIGERACION EQUIVALE:
 - a. 12,000 BTU/H
 - b. 15,000 BTU/H
 - c. 10,000 BTU/H
 - d. N.A.
- EL SOBRE CALENTAMIENTO ES:
 - a. TEMPERATURA DE SATURACION MENOS LA TEMPERATURA DE SUCCION.
 - b. TEMPERATURA DE SUCCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION.
 - c. EL CALOR ESPECIFICO DEL REFRIGERANTE.
 - d. SOLD (SI Y NO) SON CORRECTAS.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿QUÉ INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 - a. TERMOMETRO.
 - b. ANEMOMETRO.
 - c. PSICROMETRO.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.

Figura 3.25 Evaluación previa del trabajador 5

COOL Lider-Tech **EXAMEN** (CALIFICACION EN MANTENIMIENTO) 16

Nombre y Apellido: Ramiro Huayra Huamani
 Fecha: 1/1 DNI: 44385544 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUE OCURRE CON LA PRESION DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTA OBTURADO?
 - a. SE ELEVA
 - b. CAE RAPIDAMENTE.
 - c. NO PEGUADA.
 - d. SOLO (SI Y NO) SON CORRECTAS.
- ¿CUAL ES EL COMPONENTE PRINCIPAL DEL TERMOSTATO, CUANDO ABARANTA LA TEMPERATURA?
 - a. DISMINUYE SU RESISTENCIA.
 - b. AUMENTA SU RESISTENCIA.
 - c. SE CIERRA.
 - d. N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPLIT
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS.
- ¿COMO DEBE SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 - a. LIQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - b. VAPOR LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - c. VAPOR CALIENTE
 - d. N.A.
- ¿QUE ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 - a. ACEITE MINERAL.
 - b. ACEITE SINTETICO.
 - c. ACEITE MONOGRADO
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBTURADO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVARIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVARIADO, CAPILAR OBTURADO, FITRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLD (SI Y NO) SON CORRECTAS.
- ¿QUE SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERISTICAS LRA?
 - a. CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO.
 - b. CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE.
 - c. CONSUMO DE VOLTAJE DE ARRANQUE.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1500 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR.
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. SOLD (SI Y NO) SON CORRECTAS.

Figura 3.26 Evaluación posterior del trabajador 5

Trabajador 6

COOL LiderTech **EXAMEN** (NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO) 10

Nombre y Apellido: Kilber Villanueva Pilo
 Fecha: 1/1 DNI: 78552253 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿A QUÉ SE DENOMINA DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN FEA O CONSTANTE?
 - a. TUBO CAPILAR.
 - b. VALVULA DE EXPANSION ELECTRONICA.
 - c. VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA.
 - d. N.A.
- ¿QUÉ ELEMENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN **Y A APLICACIÓN** ENERGIJA EN FORMA DE CALOR DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL SISTEMA?
 - a. EVAPORADOR.
 - b. CONDENSADOR.
 - c. COMPRESOR.
 - d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR.
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO.
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- UNA TONELADA DE REFRIGERACION EQUIVALE:
 - a. 12,000 BTU/H
 - b. 18,000 BTU/H
 - c. 10,000 BTU/H
 - d. N.A.
- EL SOBRE CALENTAMIENTO ES:
 - a. TEMPERATURA DE SATURACION MENOS LA TEMPERATURA DE SUCCION.
 - b. TEMPERATURA DE SUCCION MAS TEMPERATURA DE CONDENSACION.
 - c. EL CALOR ESPECIFICO DEL REFRIGERANTE.
 - d. SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPIR
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS ANTERIORES SON CORRECTAS.
- ¿QUÉ INSTRUMENTO ES UTILIZADO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AIRE?
 - a. TERMOMETRO.
 - b. ANEMOMETRO.
 - c. PSICROMETRO.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1300 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.

Figura 3.27 Evaluación previa del trabajador 6

COOL LiderTech **EXAMEN** (CAPACITACION EN MANTENIMIENTO) 16

Nombre y Apellido: Kilber Villanueva Pilo
 Fecha: 1/1 DNI: 78552253 Cargo: Técnico Firma: [Firma]

Marca con un aspa (X) la respuesta correcta.

- ¿QUE OCURRE CON LA PRESION DE ALTA, CUANDO EL CAPILAR ESTA OBSTRUIDO?
 - a. SE ELEVA
 - b. BAJA RAPIDAMENTE.
 - c. NO PASA NADA.
 - d. SOLO (a) Y (b) SON CORRECTAS.
- ¿CUAL ES EL COMPORTAMIENTO DEL TERMISTOR NTC, CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA?
 - a. DISMINUYE SU RESISTENCIA.
 - b. AUMENTA SU RESISTENCIA.
 - c. SE QUEDA.
 - d. N.A.
- UN COMPRESOR SCROLL ES:
 - a. SEMI HERMETICO
 - b. HERMETICO.
 - c. ABIERTO.
 - d. N.A.
- EL FILTRO DE ACEITE CORRESPONDE A UN EQUIPO:
 - a. SPIR
 - b. PAQUETE
 - c. CHILLER
 - d. TODAS LAS RESPUESTAS SON CORRECTAS.
- ¿COMO DEBERIA SER EL REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR?
 - a. LIQUIDO LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - b. VAPOR LISTO PARA EXPANDIRSE.
 - c. VAPOR CALIENTE
 - d. N.A.
- ¿QUE ACEITE SE DEBE USAR PARA REFRIGERANTE R-410A?
 - a. ACEITE MINERAL.
 - b. ACEITE SINTETICO.
 - c. ACEITE MONOGRADO
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LAS CAUSAS POR LA QUE EL EVAPORADOR SE CONGELA?
 - a. FALTA DE GAS, FILTRO SECADOR OBSTRUIDO, EVAPORADOR Y FILTROS SUCIOS.
 - b. CONDENSADOR SUCIO, CONTACTOR AVERIADO, SOLENOIDE NO ACTUA.
 - c. COMPRESOR AVERIADO, CAPILAR OBSTRUIDO, FILTRO DE AIRE SUCIO.
 - d. SOLO (b) Y (c) SON CORRECTAS.
- ¿QUE SIGNIFICA EN LA PLACA DE CARACTERISTICAS IMA?
 - a. CONSUMO DE CORRIENTE DE TRABAJO.
 - b. CONSUMO DE CORRIENTE DE ARRANQUE.
 - c. CONSUMO DE VOLTAJE DE ARRANQUE.
 - d. N.A.
- PARA UNA UNIDAD DE 36,000 BTU/H LE CORRESPONDE UN CAUDAL DE AIRE DE:
 - a. 1300 CFM
 - b. 1200 CFM
 - c. 2000 CFM
 - d. N.A.
- ¿CUALES SON LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION?
 - a. EVAPORADOR, CONDENSADOR, COMPRESOR, DISPOSITIVO DE EXPANSION.
 - b. CONDENSADOR, EVAPORADOR, COMPRESOR, FILTRO SECADOR.
 - c. COMPRESOR, CONDENSADOR, CAPILAR, FILTRO SECADOR.
 - d. SOLO (a) Y (c) SON CORRECTAS.

Figura 3.28 Evaluación posterior del trabajador 6

REGISTRO DE FORMACION					
RAZÓN SOCIAL COOL LiderTech		CENTRO DE FORMACIÓN General		DEPARTAMENTO DE RESOLUCIÓN CAPACITACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> CARGO Módulo ENTRENAMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> PROCEDIMIENTO	
TEMAS TRATADOS					
TEMA	1. tipos de sistemas de NP. LL sistemas tipo chiller.				TEMAS SEG. Y SALUD OCUP MEDIO AMBIENTE CALIDAD FORMACIÓN TÉCNICA <input checked="" type="checkbox"/>
ANÁLISIS DEL TEMA	a. características generales b. operación c. instalación				FECHA Y HORA FECHA INICIO FECHA FIN HORA INICIO HORA FIN PERSONAL ADUAN PERSONAL OPERATIVO <input checked="" type="checkbox"/>
ACCIONES PREVENTIVAS					
Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	ONI	ÁREA	CARGO	FIRMA
-	TRUJILLO ESTEBAN MICHAEL	41921031	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
-	TINOCO HUAMANÍ MANUEL	10254662	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
-	CAJALANZA SOTO ANIELA	09408397	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
-	ALCANTARA CASTILLO JERÓNIMO	33137057	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
-	MORALES HUAMANÍ ROBERTO ARTURO	41585844	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
-	VILLANUEVA PÉREZ FULGENCIO	74527919	SERVICIO	TÉCNICO	[Firma]
OBSERVACIONES					
PARTICIPANTES		EXPOSITORES		ENTREGADOR DEL REGISTRO	
EMPRESA COOL LIDER TECH S.A.C		NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTREGADOR		GINO ARCE C.	
EMPRESA CENTRAL		CARGO		JEFE DE PLANEAMIENTO	
TRABAJADORES		EMPRESA		COOL LIDER TECH	
PROPIETARIO DE OBRA		EMPRESA		[Firma]	
LOCATARIO		EMPRESA		[Firma]	
VISITANTE		EMPRESA		[Firma]	
TOTAL DE PARTICIPANTES		EMPRESA		[Firma]	

Figura 3.29 Registro de asistencia de la capacitación

En la figura 3.29 las capacitaciones ha sido la mejora en el nivel de conocimiento del personal operativo en la empresa. Se tomó los datos de 6 trabajadores quienes participaron de manera activa en las charlas. Como muestra de los cambios en el escenario comparativo sobre el nivel de conocimiento:

Tabla 3.10.

Nivel de conocimiento de los trabajadores

Participante	Promedio de Calificación previa (Nota sobre 20)	Nivel de conocimiento en Porcentaje	Promedio de Calificación posterior (Nota sobre 20)	Nivel de conocimiento en Porcentaje
Trabajador 1	12	60.00%	16	80.00%
Trabajador 2	12	60.00%	18	90.00%
Trabajador 3	10	50.00%	16	80.00%
Trabajador 4	12	60.00%	18	90.00%
Trabajador 5	8	40.00%	16	80.00%
Trabajador 6	10	50.00%	16	80.00%
Promedio	10.67	53.33%	16.67	83.33%

En la tabla 3.10 se muestran las calificaciones promedio del nivel conocimiento de los 6 trabajadores. Se observa que la calificación máxima sobre el nivel de conocimiento fue de 12 y la mínima fue de 08; en promedio, los trabajadores obtuvieron una calificación promedio de 10.67 sobre el nivel de conocimiento. Consecutivamente, posterior a la ejecución de las capacitaciones, se visualiza que la calificación máxima fue de 18 y la mínima fue de 16, obteniendo una calificación promedio de 16.67.

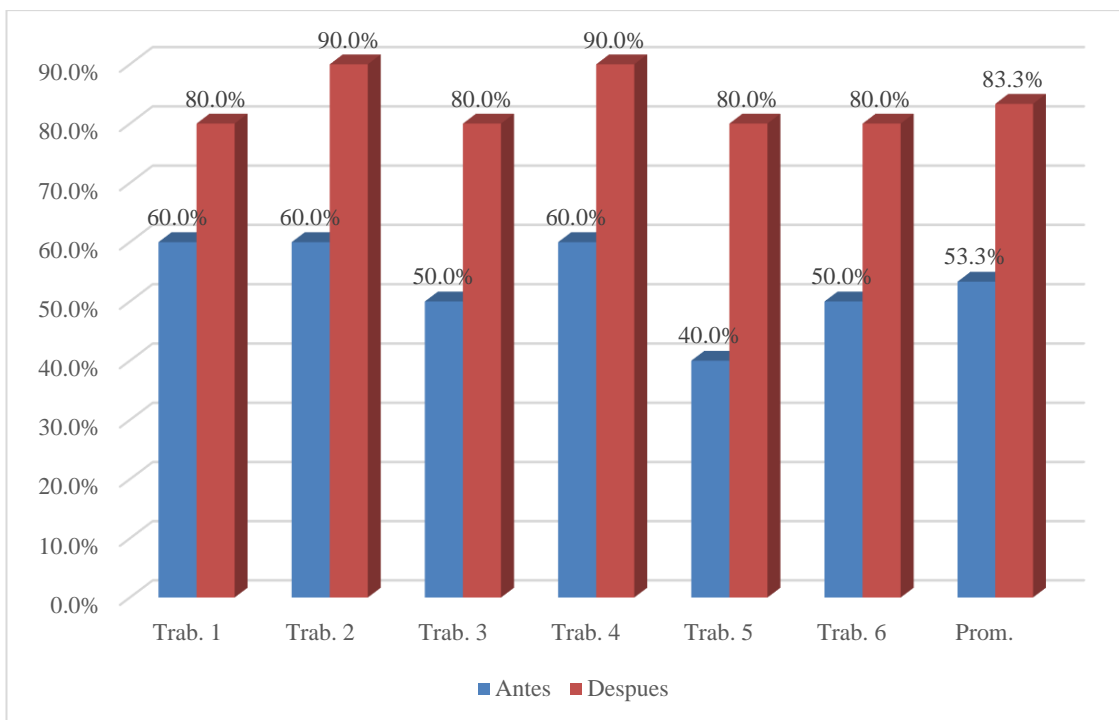


Figura 3.30 Comparación de los niveles de conocimiento de los trabajadores

De manera complementaria, se muestra la figura 3.30, donde se observa la evolución de la calificación que evaluó el nivel de conocimiento que posee cada trabajador. Las barras azules muestran la calificación de los trabajadores previa a la implementación de las capacitaciones, mientras que las barras rojas muestran la calificación de los trabajadores posterior a las capacitaciones.

En la figura 3.30 se observa se observan los cambios respecto al promedio general en las notas de la calificación, en donde para el escenario previo a la mejora el porcentaje de aprobación fue del 53.33% y posterior a ella fue del 83.33%, lo cual evidencia un crecimiento del 30% del escenario previo al posterior. A través de las siguientes figuras se muestran las evidencias de haber efectuado cada uno de los talleres.



Figura.3.31 Taller 1



Figura 3.32 Taller 2



Figura 3.33 Taller 3



Figura 3.34 Taller 4

Desarrollo del objetivo específico 2:

Medir el tiempo medio entre fallas luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

Como parte del desarrollo de objetivo específico N° 2, se organizó una ficha modelo de registro, en donde se colocan los datos para hallar el tiempo medio entre fallas; las fichas se muestran a continuación:

Tabla 3.11.

Ficha de datos de tiempo medio entre fallas

MTBF						
Encargado			Fórmulas			
Variable Dependiente			Tiempo promedio entre fallas (Horas)			
Disponibilidad			MTBF			
N°	MES	EQUIPO	MTBF	N° Horas de operación	N° Paradas correctivas	
1	dic-18	Chiller 1	39.82	438	11	
2	ene-19	Chiller 1	47.44	427	9	
3	feb-19	Chiller 1	42.20	422	10	
4	mar-19	Chiller 1	41.80	418	10	
5	abr-19	Chiller 1	45.10	451	10	
6	may-19	Chiller 1	47.00	470	10	
7	jun-19	Chiller 1	48.89	440	9	
8	jul-19	Chiller 1	50.56	455	9	
9	ago-19	Chiller 1	61.14	428	7	
10	sep-19	Chiller 1	72.50	435	6	
11	oct-19	Chiller 1	94.00	470	5	
12	nov-19	Chiller 1	122.50	490	4	
13	dic-18	Chiller 2	47.50	475	10	
14	ene-19	Chiller 2	49.50	495	10	
15	feb-19	Chiller 2	51.89	467	9	
16	mar-19	Chiller 2	55.63	445	8	
17	abr-19	Chiller 2	56.88	455	8	
18	may-19	Chiller 2	60.63	485	8	
19	jun-19	Chiller 2	67.29	471	7	
20	jul-19	Chiller 2	68.86	482	7	
21	ago-19	Chiller 2	73.50	441	6	
22	sep-19	Chiller 2	77.17	463	6	
23	oct-19	Chiller 2	89.80	449	5	
24	nov-19	Chiller 2	123.25	493	4	
25	dic-18	Chiller 3	37.46	487	13	
26	ene-19	Chiller 3	33.79	473	14	
27	feb-19	Chiller 3	40.92	491	12	
28	mar-19	Chiller 3	39.17	470	12	
29	abr-19	Chiller 3	42.55	468	11	
30	may-19	Chiller 3	42.64	469	11	
31	jun-19	Chiller 3	46.50	465	10	
32	jul-19	Chiller 3	53.33	480	9	
33	ago-19	Chiller 3	60.25	482	8	
34	sep-19	Chiller 3	79.50	477	6	
35	oct-19	Chiller 3	97.60	488	5	
36	nov-19	Chiller 3	120.00	480	4	

En la tabla 3.11 se muestra la evolución del tiempo medio entre fallas (MTBF) para los tres equipos chillers durante el periodo de 12 meses. En el caso del chiller 1, se observa que en el mes de diciembre de 2018 el MTBF alcanza un valor de 39.82 horas, el cual posteriormente presenta alzas y bajas hasta la implementación

definitiva de la metodología RCM en el área. Posterior a ello, el MTBF alcanzó un valor máximo de 122.50 horas para el mes de noviembre de 2019, evidenciando una rotunda mejora. Análogamente, los equipos chiller 2 y chiller 3 también presentaron cambios positivos considerables, puesto que pasaron de 47.50 horas a 123.25 horas, y de 37.46 horas a 120 horas, respectivamente.



Figura 3.35 Labores de mantenimiento (I)

Fuente cool líder tech



Figura 3.36 Labores de mantenimiento (II)

Fuente cool líder tech

En las imágenes 3.35 y 3.36 se observa mayor detalle en el mantenimiento preventivo, lo que incrementa las horas de disponibilidad de los equipos de enfriamiento por lo que reduce el número de fallas. A continuación, se presenta la información correspondiente al tiempo medio entre fallas promedio de los equipos en la empresa mediante la siguiente tabla.

Tabla 3.12.

Promedio de tiempo medio entre fallas

MES	EQUIPO	N° Horas de operación (promedio 3 equipos) (horas)	N° Paradas correctivas (promedio 3 equipos) (und)	MTBF
dic-18	Chillers	466.67	11.33	41.18
ene-19	Chillers	465.00	11.00	42.27
feb-19	Chillers	460.00	10.33	44.52
mar-19	Chillers	444.33	10.00	44.43
abr-19	Chillers	458.00	9.67	47.38
may-19	Chillers	474.67	9.67	49.10
jun-19	Chillers	458.67	8.67	52.92
jul-19	Chillers	472.33	8.33	56.68
ago-19	Chillers	450.33	7.00	64.33
sep-19	Chillers	458.33	6.00	76.39
oct-19	Chillers	469.00	5.00	93.80
nov-19	Chillers	487.67	4.00	121.92

Tabla 3.13.

Promedio de tiempo medio entre fallas (previo – posterior) de metodología RCM.

Detalle	Seis meses previos a la Implementación de la Metodología	Seis meses posteriores a la Implementación de la Metodología
Tiempo Medio entre Fallas (MTBF Promedio)	44.81 horas	77.67 horas

La tabla 3.13 se muestra la evolución del índice del MTBF promedio de los 3 equipos chillers durante el periodo de 12 meses. Se observa que el promedio del tiempo medio entre fallas, en su primera instancia de los seis meses previos a la implementación de la metodología RCM es de 44.18 horas y los seis meses posteriores a la implementación de la Metodología RCM es de 77.67 horas.

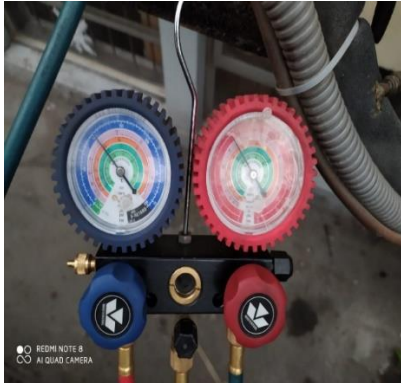


Figura 3.37 Equipo analógico usado para la medición de parámetros de los equipos de aire acondicionado.


Fuente cool líder tech



Figura 3.38 Equipo digital usado para la medición de parámetros de los equipos de aire acondicionado

Fuente cool líder tech

En las figuras 3.7 y 3.8 se observan los equipos empleados para conocer las condiciones de las unidades de enfriamiento para lo cual en principio se utilizaba manómetros analógicos y no eran muy precisos, no se podía obtener mayores datos, posteriormente fueron reemplazados por manómetros digitales testo, el cual nos garantiza los correctos y muchos parámetros de funcionamiento, de esta manera podemos obtener datos minuciosos del equipo y prolongar las falla obteniendo mayor horas de funcionamiento y menos paradas por correctivos.



CENTRAL DE EMERGENCIAS
 Cel.: 949 377 807 / 923 107 815
 949 377 917 / 940 384 766
 www.COOLLIDERTECH.COM
 servicios@coollidertech.com

Nº 000445

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EXPANSION DIRECTA


CLIENTE: <u>Dechste SLABERY</u>	FECHA: <u>09-01-20</u>
MODELO: <u>30160300</u>	PERIODO: <u>09/2020</u>
SERIE: <u>1834570645</u>	TIPO DE EQUIPO: <u>Chiller</u>
MARCA: <u>CARRIER</u>	CAPACIDAD: <u>700 TON</u>
AREA: <u>Piso de Venta</u>	PISO: <u>2000</u>

TIPO DE SERVICIO	PREVENTIVO ()	Circuito A	Unid.	Circuito B	Unid.
1	limpieza de sistema de drenaje del equipo				
2	Ajuste de terminales eléctricos de compresores y motores				
3	Ajuste de terminales eléctricos de contactores y borneras				
4	Descarte visual de fuga de refrigerante				
5	Limpieza de difusiones y rejillas				
6	Limpieza general externa del equipo				
7	Comprobación de eficiencia de filtros secadores				
8	Verificación de operación del sistema de control: Termostato y Tarjetas				
9	Lectura de parámetros de operación:				
9.1	Presión de succión	<u>110</u>	PSI	<u>105</u>	PSI
9.2	Presión de líquido	<u>380</u>	PSI	<u>369</u>	PSI
9.3	Tensión de suministro	Placa: <u>440V</u>		Vol <u>445</u>	
9.4	Amperaje de compresor	Placa: <u>59.247</u>	Amp	<u>49.4850</u>	Amp
9.5	Amperaje del motor del condensador	Placa: <u>9.247</u>	Amp	<u>8.7-8</u>	Amp
9.6	Amperaje del motor del evaporador	Placa: <u></u>	Amp	<u></u>	Amp
9.7	Temperatura de suministro de aire en el evaporador	<u>6</u>	°C	<u>6</u>	°C
9.8	Temperatura del ambiente acondicionado	<u>19</u>	°C	<u>19</u>	°C
9.9	Medición de aislamiento eléctrico del compresor	<u>-</u>	M. ohm	<u>-</u>	M. ohm
10	Lavado externo del serpentín condensador con solvente especial				
11	Lavado externo del serpentín evaporador con solvente especial				
12	Pintado de bases y soportes metálicos expuestos				

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

SEALINTROS Presentan CORROSION, se recomienda
Reemplazo

Nombre del Técnico: Carlos Calderon D.

Firma del Técnico: 

Nombre del Cliente: Sonja Hernandez

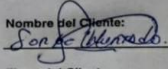
Firma del Cliente: 

Figura.3.39 Reporte de mantenimiento

Fuente cool líder tech

En la figura 3.39 observamos los datos obtenidos por la herramienta digital el cual nos sirvió para diagnosticar pequeñas fallas que se corrigieron durante los mantenimientos preventivos y se evitó fallas y paradas por mantenimiento correctivo.

Los cambios observados sustentan que al efectuar dicha metodología se logró mejorar el indicador del tiempo medio entre fallas en un 80.74 horas, (diferencia entre el periodo inicial y final) lo que más adelante influirá en la disponibilidad.

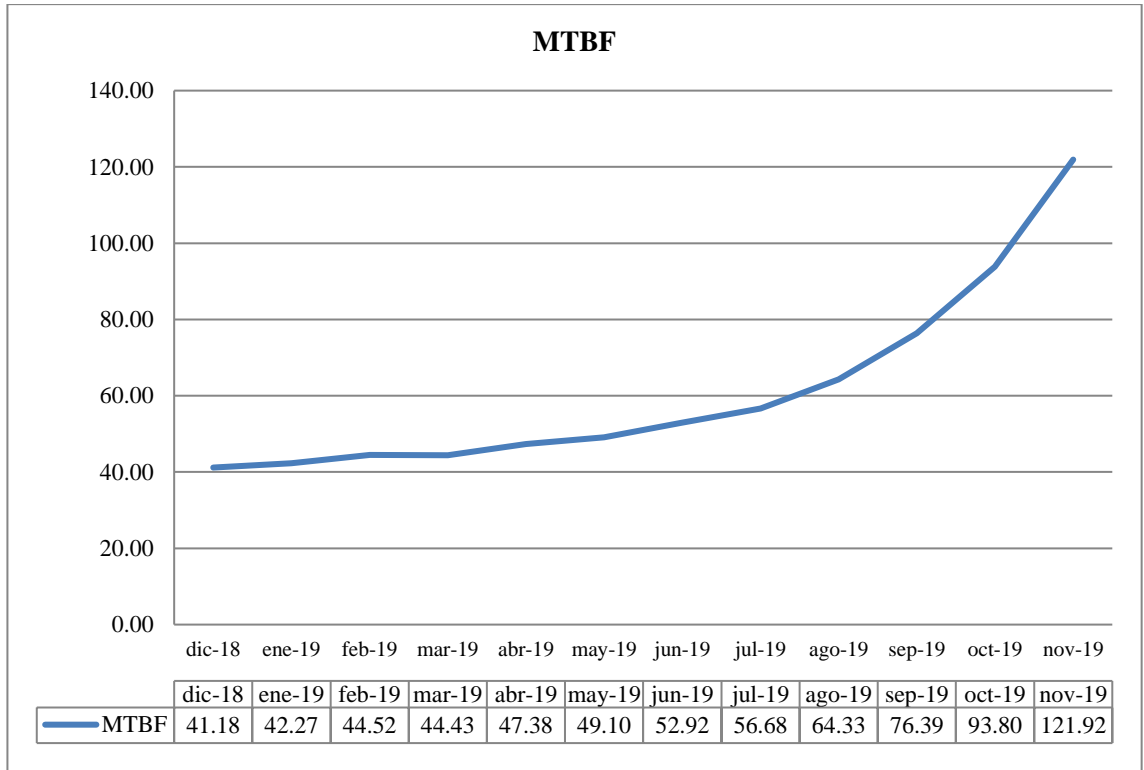


Figura.3.40 Evolución del tiempo medio entre fallas

La información mostrada, se obtuvo la figura 3.40, donde se grafica la evolución del MTBF promedio de los tres equipos chillers desde diciembre del 2018 a noviembre del 2019. Se observa claramente que a partir de la implementación de la metodología RCM en el mes de junio se incrementó el MTBF de manera exponencial, dada la pendiente ascendente de la curva en la gráfica, en donde se llega a un valor máximo de 121.92 horas. Ello muestra que la implementación de la metodología RCM influyó positivamente en los resultados del MTBF, lo cual se traduce en menos paradas correctivas.

Desarrollo del objetivo específico 3:

Medir el tiempo medio para reparaciones luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

En el objetivo específico N° 3, se ha analizado la reducción del tiempo medio entre reparaciones. Para eso se organizó el área a fin de obtener un orden en el lugar que logre reducir el tiempo en las reparaciones, para muestra de ello y como evidencia se muestran las imágenes.



Figura.3.41 Desorden en el área de trabajo previo a la implementación.

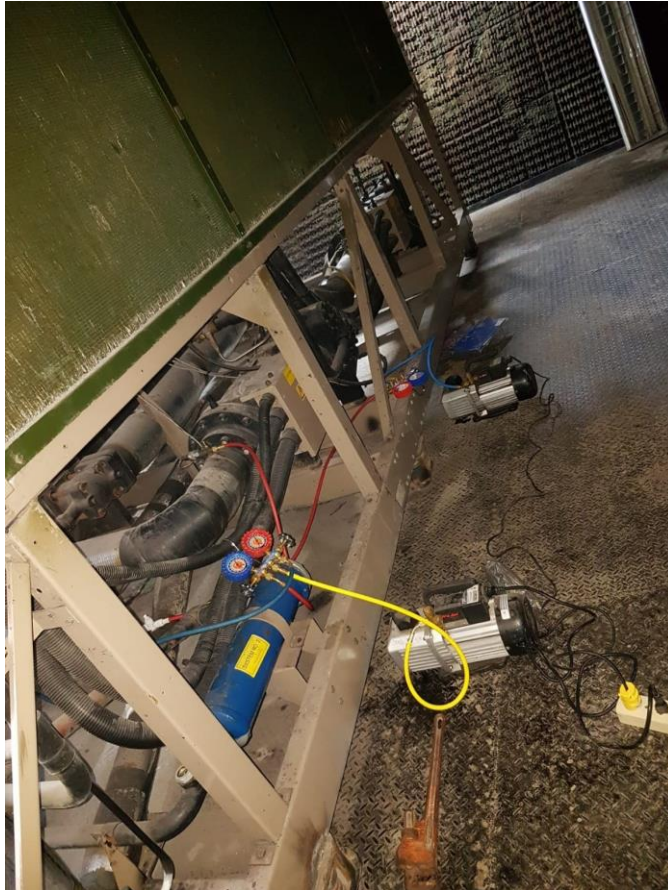


Figura.3.42 Orden en el área de trabajo después

En las figuras 3.41 y 3.42 se observa un ambiente de trabajo ordenado, se aprecia también el uso de dos bombas de vacío de gran potencia 3/4 hp y 12 cfm para la evacuación de la humedad y secado del sistema de refrigeración, de esta manera acortamos el tiempo de reparación.

Por otro lado, los datos fueron detallados mediante la ficha modelo de registro, en donde se colocaron los datos para hallar el tiempo medio para reparaciones; la ficha se presenta con los datos de los 3 equipos en análisis a continuación:

Tabla 3.14.

Ficha de datos de tiempo medio para reparaciones

MTTR				Código: 02-MANT	
				Versión: 01	
				Página:01 de 01	
Encargado				Fórmulas	
Variable Dependiente				Tiempo promedio para reparaciones	
Disponibilidad				MTTR	
N°	MES	EQUIPO	MTTR	Tiempo Total reparación correctiva en horas	N° reparaciones correctivas
1	dic-18	Chiller 1	11.36	125	11
2	ene-19	Chiller 1	11.33	102	9
3	feb-19	Chiller 1	8.50	85	10
4	mar-19	Chiller 1	9.20	92	10
5	abr-19	Chiller 1	8.80	88	10
6	may-19	Chiller 1	9.70	97	10
7	jun-19	Chiller 1	7.22	65	9
8	jul-19	Chiller 1	5.89	53	9
9	ago-19	Chiller 1	5.86	41	7
10	sep-19	Chiller 1	5.83	35	6
11	oct-19	Chiller 1	5.00	25	5
12	nov-19	Chiller 1	4.25	17	4
13	dic-18	Chiller 2	12.20	122	10
14	ene-19	Chiller 2	11.60	116	10
15	feb-19	Chiller 2	10.78	97	9
16	mar-19	Chiller 2	11.63	93	8
17	abr-19	Chiller 2	10.38	83	8
18	may-19	Chiller 2	11.13	89	8
19	jun-19	Chiller 2	12.29	86	7
20	jul-19	Chiller 2	8.86	62	7
21	ago-19	Chiller 2	8.00	48	6
22	sep-19	Chiller 2	6.83	41	6
23	oct-19	Chiller 2	5.40	27	5
24	nov-19	Chiller 2	5.00	20	4
25	dic-18	Chiller 3	9.31	121	13
26	ene-19	Chiller 3	8.57	120	14
27	feb-19	Chiller 3	8.92	107	12
28	mar-19	Chiller 3	8.25	99	12
29	abr-19	Chiller 3	9.00	99	11
30	may-19	Chiller 3	8.55	94	11
31	jun-19	Chiller 3	7.90	79	10
32	jul-19	Chiller 3	6.89	62	9
33	ago-19	Chiller 3	6.13	49	8
34	sep-19	Chiller 3	5.67	34	6
35	oct-19	Chiller 3	5.20	26	5
36	nov-19	Chiller 3	4.25	17	4

De la tabla 3.14 se observa que el tiempo medio de reparaciones se redujo de manera considerable después de la aplicación del RCM para los tres equipos Chillers durante el periodo de 12 meses. El equipo Chiller 1 inicia con 11.36 horas en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 4.25 horas para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología; el equipo Chiller 2 inicia con 12.20 horas en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 5.00 horas para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología y el equipo Chiller 3 inicia con 9.31 horas en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 4.25 horas para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología.

Entre las mejoras realizadas se presenta un nuevo diagrama de flujo para el proceso de asistencia en las reparaciones, así como diagramas de operaciones del proceso en las actividades de reparación de equipos como se observa en la tabla 3.11 y tabla 3.12.

Tabla 3.15.

Diagrama de operación del proceso correctivo

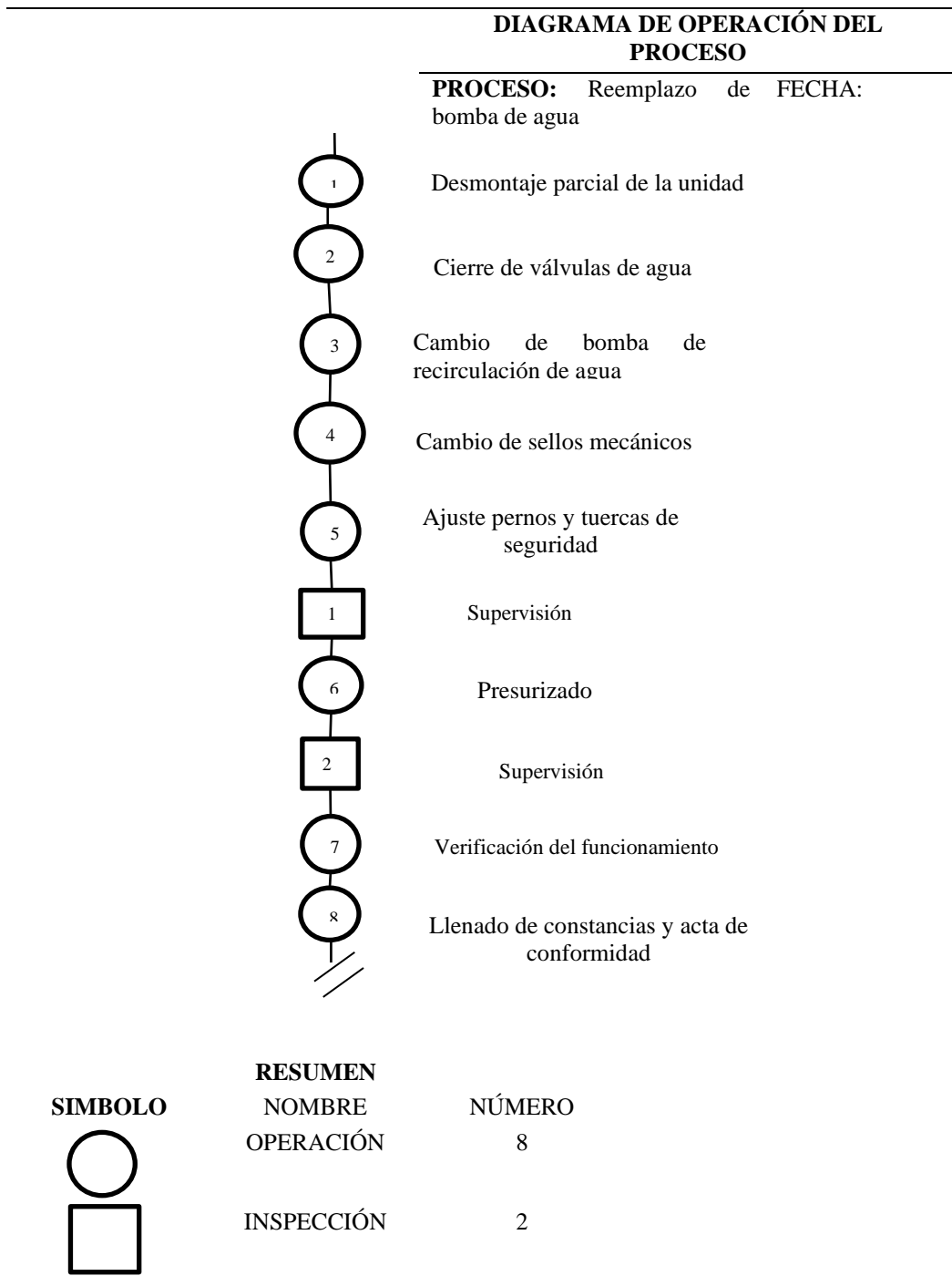


Tabla 3.16.

Diagrama de análisis del proceso correctivo

Diagrama De Análisis del Proceso

Diagrama Nro. ___ Hoja ___ de ___	RESUMEN				
PRODUCTO:	Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Proceso: Reemplazo de bomba de agua Método: Actual / Propuesto Lugar: Operario (s): Distancia (m) Ficha núm.: Tiempo (min)	Operación Transporte Espera Inspección Almacenamiento	8 2			
Descripción	Cantidad	Tiempo en min.	Símbolo 		Observaciones
Desmontaje parcial de la unidad	1	30	X		
Cierre de válvulas de agua	1	10	X		
Cambio de bomba de recirculación de agua	1	70	X		
Cambio de sellos mecánicos	1	35	X		
Ajuste pernos y tuercas de seguridad	1	20	X		
Supervisión	1	10	X		
presurizado	1	30	X		
Supervisión	1	10	X		
Verificación del funcionamiento	1	30	X		
Llenado de constancias y acta de conformidad	1	10	X		
Total	10	255	8	2	

Flujograma completo del mantenimiento correctivo

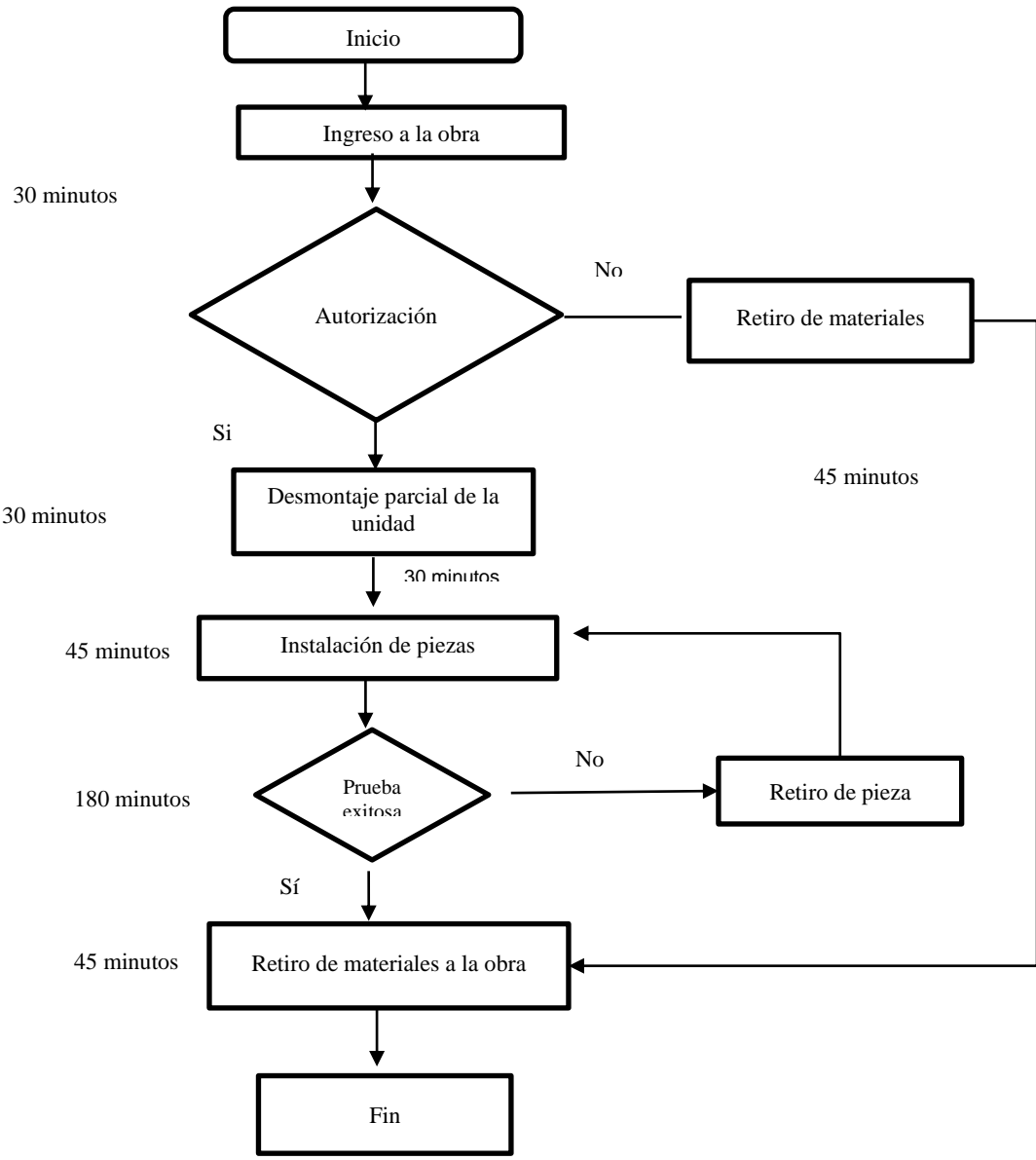


Figura 3.43 Trabajos de reparación

En la figura 3.43 observamos el flujograma de una tarea de reparación frecuente y los tiempos promedios para su ejecución y /o postergación por falta de coordinación del cliente.

A continuación, se presenta la información correspondiente al promedio del tiempo medio para reparaciones de los equipos.

Tabla 3.17.

Promedio de tiempo medio para reparaciones

MES	EQUIPO	Tiempo Total reparación correctiva (horas)	Nº reparaciones correctivas (und)	MTTR
dic-18	Chillers	122.67	11.33	10.82
ene-19	Chillers	112.67	11.00	10.24
feb-19	Chillers	96.33	10.33	9.32
mar-19	Chillers	94.67	10.00	9.47
abr-19	Chillers	90.00	9.67	9.31
may-19	Chillers	93.33	9.67	9.66
jun-19	Chillers	76.67	8.67	8.85
jul-19	Chillers	59.00	8.33	7.08
ago-19	Chillers	46.00	7.00	6.57
sep-19	Chillers	36.67	6.00	6.11
oct-19	Chillers	26.00	5.00	5.20
nov-19	Chillers	18.00	4.00	4.50

Tabla 3.18.

Promedio de tiempo medio para reparaciones (previo – posterior) de metodología RCM.

Detalle	Seis meses previos a la Implementación de la Metodología	Seis meses posteriores a la Implementación de la Metodología
Tiempo Medio para Reparaciones (MTTR Promedio)	9.80 horas	6.38 horas

La tabla 3.18 se muestra la evolución del índice del MTTR promedio de los 3 equipos chillers durante el periodo de 12 meses. Se observa que el promedio del tiempo medio para reparaciones, en su primera instancia de los seis meses previos a la implementación de la metodología RCM es de 9.80 horas y los seis meses posteriores a la implementación de la Metodología RCM es de 6.38 horas.

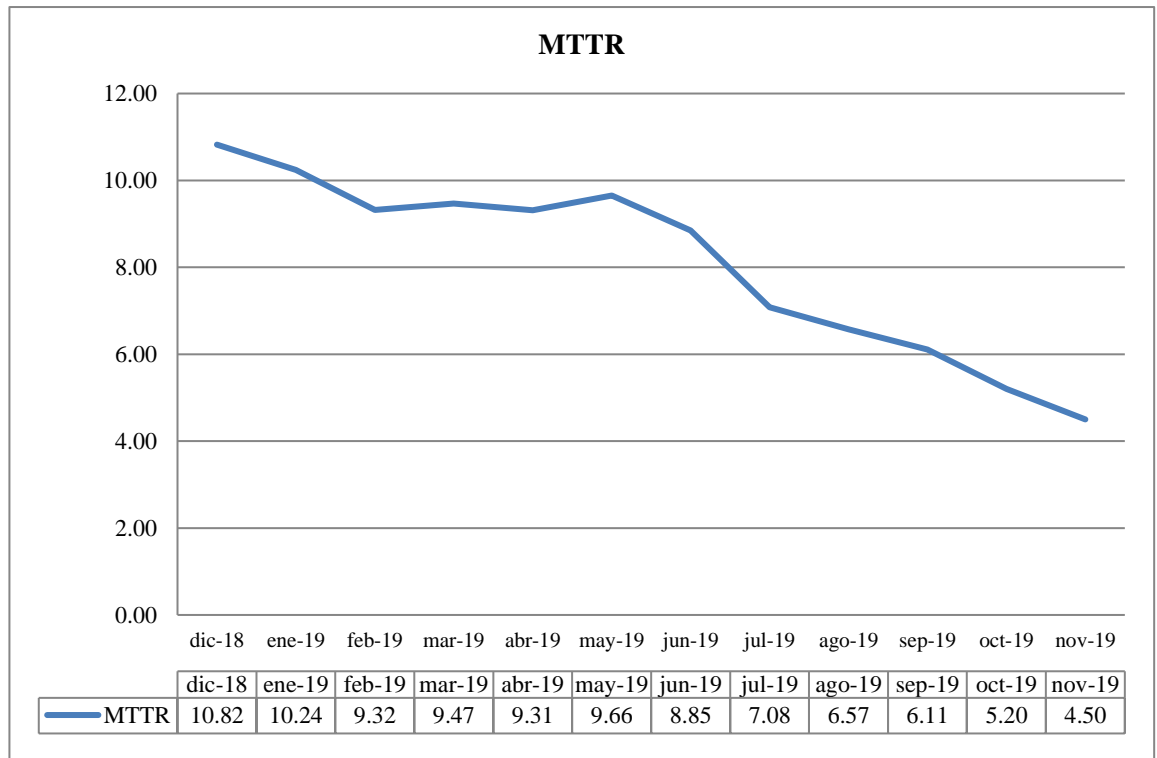


Figura 3.44 Evolución del tiempo medio para reparaciones

A través de la figura 3.44 se detalla de forma didáctica que la evolución del tiempo medio entre reparaciones va descendiendo durante el año considerado que la investigación. Para diciembre del 2018 se presenta un valor del MTTR de 10.82 horas, en junio del 2019 la cifra es de 9.66 horas y finalmente, en noviembre del 2019 la cifra descendió a 4.50 horas en el tiempo promedio para reparaciones. Ello muestra que cada vez son menores las reparaciones realizadas una vez implementado la metodología RCM.

Desarrollo del objetivo específico 4

Medir los costos en reparación luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.

En la presente sección se muestran los cambios en los costos de reparación, los cuales se han reducido debido a la disminución de las reparaciones correctivas a

nivel mensual. Este cambio representa un ahorro importante, es por ello que se ha considerado como un objetivo en la presente investigación. El detalle de las cotizaciones para la reparación se ubica en el Anexo 3. Con el uso de la tabla se observan las variaciones durante los meses de análisis de los tres equipos.

Tabla 3.19.

Detalle de costos de reparación de equipos Chiller

Equipo	Mes	N° reparaciones correctivas	Costo (\$/)
Chiller 1	Dic-18	11	19,910.33
	Ene-19	9	16,290.27
	Feb-19	10	18,100.30
	Mar-19	10	18,100.30
	Abr-19	10	18,100.30
	May-19	10	18,100.30
	Jun-19	9	16,290.27
	Jul-19	9	16,290.27
	Ago-19	7	12,670.21
	Set-19	6	10,860.18
	Oct-19	5	9,050.15
Chiller 2	Nov-19	4	7,240.12
	Dic-18	10	38,065.30
	Ene-19	10	38,065.30
	Feb-19	9	34,258.77
	Mar-19	8	30,452.24
	Abr-19	8	30,452.24
	May-19	8	30,452.24
	Jun-19	7	26,645.71
	Jul-19	7	26,645.71
	Ago-19	6	22,839.18
	Set-19	6	22,839.18
Chiller 3	Oct-19	5	19,032.65
	Nov-19	4	15,226.12
	Dic-18	13	66,712.23
	Ene-19	14	71,843.94
	Feb-19	12	61,580.52
	Mar-19	12	61,580.52
	Abr-19	11	56,448.81
	May-19	11	56,448.81
	Jun-19	10	51,317.10
	Jul-19	9	46,185.39
	Ago-19	8	41,053.68
Set-19	6	30,790.26	
Oct-19	5	25,658.55	
Nov-19	4	20,526.84	

Como se observa en la tabla 3.19, el número de reparaciones ha disminuido con una tendencia más clara en los meses de junio a noviembre del año 2019. Esta situación ha determinado que se requiera menos inversión para la partida de reparación de equipos. En líneas generales se aprecia para los para los tres equipos Chillers lo siguiente:

- El equipo Chiller 1 inicia con 11 reparaciones a un costo de S/.19'910.33 en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 4 reparaciones a un costo de S/.7'240.12 para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología.
- El equipo Chiller 2 inicia con 10 reparaciones a un costo de S/.38'065.30 en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 4 reparaciones a un costo de S/.15'226.12 para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología.
- El equipo Chiller 3 inicia con 13 reparaciones a un costo de S/.66'712.23 en el mes de diciembre de 2018 previo a la implementación de la Metodología y reduce su cifra a 4 reparaciones a un costo de S/.20'526.84 para el mes de noviembre de 2019 posterior a la implementación de la Metodología.

Tabla 3.20.

Costo total de reparaciones de equipos Chiller

Mes	N° reparaciones correctivas	Costo (S/.)
Dic-18	34	124,687.86
Ene-19	33	126,199.51
Feb-19	31	113,939.59
Mar-19	30	110,133.06
Abr-19	29	105,001.35
May-19	29	105,001.35
Jun-19	26	94,253.08
Jul-19	25	89,121.37
Ago-19	21	76,563.07
Set-19	18	64,489.62
Oct-19	15	53,741.35
Nov-19	12	42,993.08

En la tabla 3.20 se presentaron los cambios en los costos de reparación de equipos chiller durante los meses de análisis en la investigación. Se observa que, de manera inicial, en diciembre, se realizaron 34 reparaciones con un costo de S/ 124'687.86 soles, luego en el mes enero se efectuaron 33 reparaciones que representaron la suma de S/ 126'199.51 soles. El número de reparaciones se mantiene alto hasta el mes de mayo, donde el número de reparaciones fue de 29 con un costo de S/ 105'001.35 soles. A partir del mes de junio, donde se inició la implementación del RCM, tanto la cantidad de reparaciones al mes como su costo disminuyeron considerablemente, siendo en el último mes de análisis de 12 reparaciones con un costo de S/ 42'993.08 soles. De manera complementaria se presenta la evolución del costo en la siguiente figura:

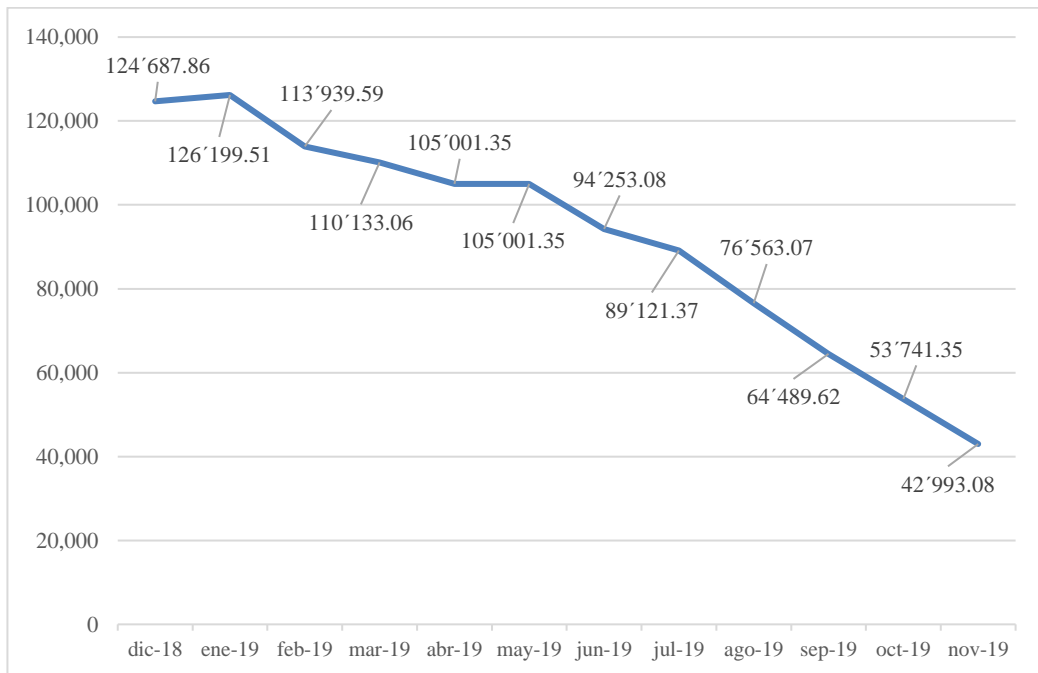


Figura.3.45 Evolución costo de reparaciones

En la figura 3.45 se presenta la tendencia clara en la disminución de costos en la reparación de equipos, en donde la pendiente es mucho más pronunciada desde el mes de junio hasta noviembre (meses de la metodología RCM).

Tabla 3.21.

Promedio del Costo total de reparaciones de equipos Chiller (previo – posterior)
de metodología RCM.

Detalle	Seis meses previos a la Implementación de la metodología RCM	Seis meses posteriores a la Implementación de la metodología RCM
Costo total de reparaciones de equipos Chiller (Promedio)	S/.114'160.45	S/.70'193.60
AHORRO		S/.43'966.86

La tabla 3.21 se muestra el costo total de reparaciones; en su primera instancia de los seis meses previos a la implementación de la metodología RCM es de S/.114'160.45 y los seis meses posteriores a la implementación de la Metodología RCM es de S/.70'193.60. Generando un ahorro para la empresa de S/.43'966.86.

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Es importante conocer el logro al cumplir con el objetivo general sobre los cambios de la disponibilidad de los equipos de la empresa. Posterior a la aplicación de las mejoras fundamentadas en el RCM, es posible comentar una comparación entre ambos escenarios; en este sentido, se mostrarán los cambios en promedio para el MTTR y MTBF.

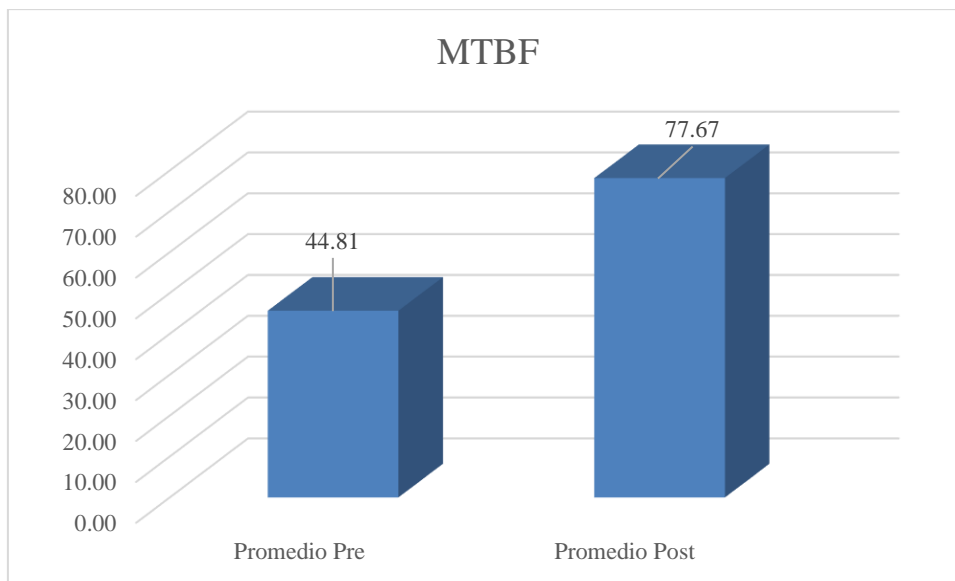


Figura.4.1 Cambio en promedio del MTBF

En la figura 4.1, se han dado cambios positivos en el indicador del MTBF, en tanto que se incrementó de 44.81h en promedio durante el escenario inicial hasta lograr 77.67h en el promedio del periodo posterior a la mejora. Estos cambios implican que la metodología RCM ha logrado cambios significativos en dicho indicador. Por otro lado, se mostrará también los cambios desde la misma perspectiva en el MTTR.

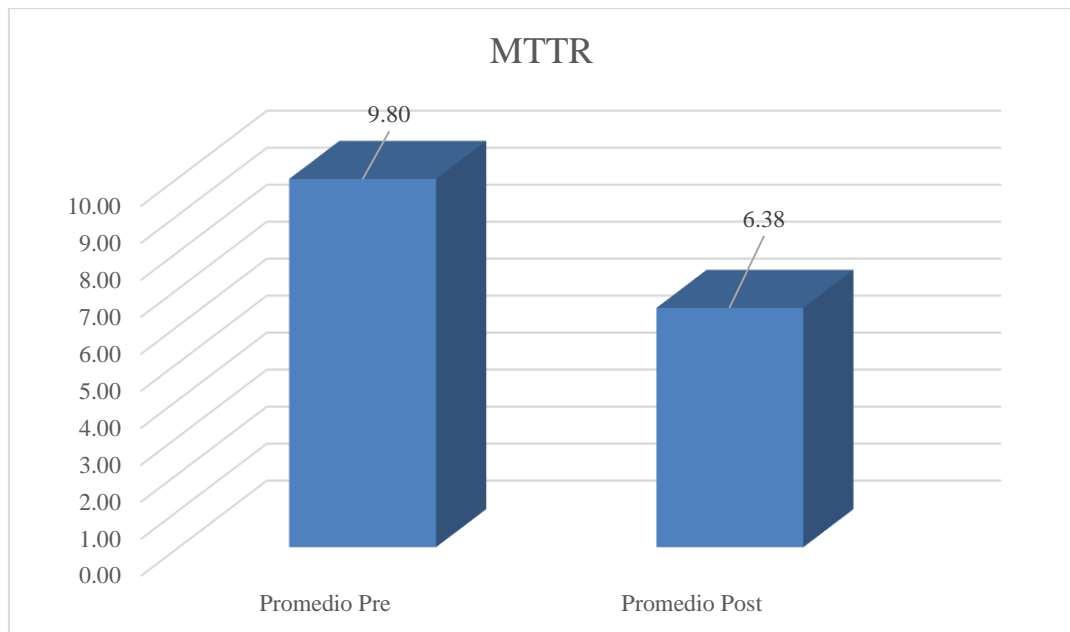


Figura 4.2 Cambio en promedio del MTTR

Como se observa en la figura 4.2, se han dado cambios positivos en el indicador del MTTR, se redujo de 9.8 horas en promedio durante el escenario inicial hasta lograr 6.38 horas en el promedio del periodo posterior a la mejora. Estos cambios implican que la metodología RCM ha logrado cambios significativos en el tiempo medio para las reparaciones.

A continuación, se muestra la ficha de datos con la disponibilidad de los 3 equipos, para luego analizar las variaciones en la disponibilidad

Tabla 4.1.

Ficha de datos de disponibilidad de equipos chiller

Disponibilidad			Código: 02-MANT			
			Versión: 01			
			Página: 01 de 01			
Encargado	N°	Mes	Equipo	Disponibilidad	MTBF	MTTR
					(horas)	(horas)
	1	dic-18	Chiller 1	77.80%	39.82	11.36
	2	ene-19	Chiller 1	80.72%	47.44	11.33
	3	feb-19	Chiller 1	83.23%	42.20	8.50
	4	mar-19	Chiller 1	81.96%	41.80	9.20
	5	abr-19	Chiller 1	83.67%	45.10	8.80
	6	may-19	Chiller 1	82.89%	47.00	9.70
	7	jun-19	Chiller 1	87.13%	48.89	7.22
	8	jul-19	Chiller 1	89.57%	50.56	5.89
	9	ago-19	Chiller 1	91.26%	61.14	5.86
	10	sep-19	Chiller 1	92.55%	72.50	5.83
	11	oct-19	Chiller 1	94.95%	94.00	5.00
	12	nov-19	Chiller 1	96.65%	122.50	4.25
	13	dic-18	Chiller 2	79.56%	47.50	12.20
	14	ene-19	Chiller 2	81.01%	49.50	11.60
	15	feb-19	Chiller 2	82.80%	51.89	10.78
	16	mar-19	Chiller 2	82.71%	55.63	11.63
	17	abr-19	Chiller 2	84.57%	56.88	10.38
	18	may-19	Chiller 2	84.49%	60.63	11.13
	19	jun-19	Chiller 2	84.56%	67.29	12.29
	20	jul-19	Chiller 2	88.60%	68.86	8.86
	21	ago-19	Chiller 2	90.18%	73.50	8.00
	22	sep-19	Chiller 2	91.87%	77.17	6.83
	23	oct-19	Chiller 2	94.33%	89.80	5.40
	24	nov-19	Chiller 2	96.10%	123.25	5.00
	25	dic-18	Chiller 3	80.10%	37.46	9.31
	26	ene-19	Chiller 3	79.76%	33.79	8.57
	27	feb-19	Chiller 3	82.11%	40.92	8.92
	28	mar-19	Chiller 3	82.60%	39.17	8.25
	29	abr-19	Chiller 3	82.54%	42.55	9.00
	30	may-19	Chiller 3	83.30%	42.64	8.55
	31	jun-19	Chiller 3	85.48%	46.50	7.90
	32	jul-19	Chiller 3	88.56%	53.33	6.89
	33	ago-19	Chiller 3	90.77%	60.25	6.13
	34	sep-19	Chiller 3	93.35%	79.50	5.67
	35	oct-19	Chiller 3	94.94%	97.60	5.20
	36	nov-19	Chiller 3	96.58%	120.00	4.25

La tabla 4.1 muestra la disponibilidad inicial con los equipos Chiller 1, 2 y 3, en el primer mes diciembre 2018 con 77.80%, 79.56% y 80.10% respectivamente, tales cifras van cambiando de manera dinámica en cada mes. Para el mes de noviembre del 2019 las cifras que se observan son 96.65%, 96.10% y 96.58%, las cifras resultan de la combinación del MTBF y el MTTR de cada equipo. A continuación, se muestra el desarrollo de la fórmula de la disponibilidad (promedio de los equipos Chillers), para cada uno de los meses en evaluación del escenario posterior.

Junio:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{52.92}{8.85 + 52.92} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{52.92}{61.77} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8568 * 100\% = 85.68\%$$

Julio:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{56.68}{7.08 + 56.68} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{56.68}{63.76} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8890 * 100\% = 88.90 \%$$

Agosto:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{64.33}{6.57 + 64.33} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{64.33}{70.9} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9073 * 100\% = 90.73 \%$$

Setiembre:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{76.39}{6.11 + 76.39} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{73.39}{82.5} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9259 * 100\% = 92.59 \%$$

Octubre:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{93.8}{5.20 + 93.8} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{98.80}{99.00} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9475 * 100\% = 94.75 \%$$

Noviembre:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{121.92}{4.50 + 121.92} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{121.92}{126.42} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9644 * 100\% = 96.44 \%$$

A modo de resumen sobre los cálculos mostrados anteriormente, se presenta la siguiente tabla con la disponibilidad previa en cada mes de los 3 equipos en la empresa mediante las siguientes tablas:

Tabla 4.2.

Promedios de disponibilidad de equipos chiller

Mes	Equipo	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Disponibilidad
dic-18	Chillers	41.18	10.82	79.19%
ene-19	Chillers	42.27	10.24	80.50%
feb-19	Chillers	44.52	9.32	82.68%
mar-19	Chillers	44.43	9.47	82.44%
abr-19	Chillers	47.38	9.31	83.58%
may-19	Chillers	49.10	9.66	83.57%
jun-19	Chillers	52.92	8.85	85.68%
jul-19	Chillers	56.68	7.08	88.90%
ago-19	Chillers	64.33	6.57	90.73%
sep-19	Chillers	76.39	6.11	92.59%
oct-19	Chillers	93.80	5.20	94.75%
nov-19	Chillers	121.92	4.50	96.44%

En la tabla 4.2, la media de la disponibilidad de los tres equipos Chillers en cada periodo, en el mes de diciembre del 2018 se presenta un 79.2% de disponibilidad, luego los valores hasta mayo del año 2019 se mantienen similares, en este último mes de la etapa previa se alcanza un porcentaje del 83.57%. Dada la implementación del RCM, este indicador empieza a mejorar, para el mes de junio obtiene un valor del 85.68%, en agosto ya es del 90.73% y finalmente, en el último periodo de análisis, noviembre del 2019, se presenta una disponibilidad de equipos 96.44%. Con ello queda demostrada la efectividad de la metodología empleada para el objetivo planteado en la investigación. A continuación, con la siguiente figura se hará una representación gráfica del escenario mostrado anteriormente.

Tabla 4.3.

Promedio de la Disponibilidad de los equipos Chiller (previo – posterior) de metodología RCM

Detalle	Seis meses previos a la Implementación de la Metodología	Seis meses posteriores a la Implementación de la Metodología
Disponibilidad	82%	92%

La tabla 4.3 se muestra el promedio de la Disponibilidad; en su primera instancia de los seis meses previos a la implementación de la metodología RCM es de 82% y los seis meses posteriores a la implementación de la Metodología RCM es de 92%.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión de resultados

En la presente investigación por suficiencia profesional se muestra la discusión de resultados, para lo cual se emplean las tesis mencionadas en la sección de antecedentes. Para un análisis más detallado, se procederá a comparar los resultados según los objetivos, ya sea el general y los específicos.

Discusión de acuerdo al objetivo general

Los resultados obtenidos por la información recolectada muestra que la disponibilidad promedio de los seis meses previo a la implementación del RCM paso de 82% a 92% de los seis meses posterior a la implementación del RCM; con respecto a las tareas de mantenimiento (TM), muestra el promedio de los seis meses previo a la implementación del RCM con un 56% y luego de los seis meses posterior a la implementación del RCM obtuvo 86%. De igual manera en la Confiabilidad Operacional muestra el promedio de los seis meses previo a la implementación del RCM con un 65% y luego de los seis meses posterior a la implementación del RCM obtuvo 85%. Tal resultado coincide con Maya (2018) donde demuestra la efectividad del RCM para mejorar los planes de mantenimiento y la disponibilidad; en su caso la disponibilidad paso del 85% antes y 93% posteriormente. También en García (2017) se logró un incremento de dicho indicador hasta el 96%. A nivel nacional, los resultados hallados también son similares, en tanto que la investigación realizada por Flores (2018) donde se encontró una mejora de la disponibilidad hasta el 93%.

Discusión de acuerdo al objetivo específico 1

La aplicación del RCM influyó en el aumento del conocimiento del personal de la empresa; ello fue posible mediante capacitaciones de 04 sesiones de taller se logró abarcar temas de mantenimiento, procedimiento operacional, mantenimiento preventivo y revisión total del equipo Chiller. Luego de la evaluación, se logró comprobar que incrementaron su conocimiento en un 30%, es decir hubo un cambio de 53.3% a 83.3%. Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Flores (2018), en donde se

aumentó la disponibilidad en 83% debido a la capacitación del área de planeamiento de soldadura y al mismo tiempo se logró reducir los tiempos muertos en un 58.72% (400 horas). En el caso del trabajo realizado por Cabrera (2017) también se observa que la capacitación del personal fue importante en la búsqueda de un mejor mantenimiento de equipos. Por tal razón, se afirma que la adecuada aplicación de la metodología RCM, junto con estrategias permite tener un personal capacitado, mejorando de ese modo la disponibilidad de los equipos.

Discusión de acuerdo al objetivo específico 2

La premisa de la implementación basada en RCM sí logra incrementar el tiempo medio entre fallas, lo que se confirma con los resultados, dado que se evidencia que el MTBF obtuvo una cifra de 41.18 horas en el mes uno antes de la aplicación del RCM y luego de ello alcanzó un valor máximo de 121.92 horas en el último mes, mostrando una mejora de 196%. Concordante a estos resultados, el trabajo de Espinoza (2017) que muestra que la eficiencia en cuanto a soluciones de fallas mejoró en un 25%, lo que generó un impacto positivo en los clientes e incrementando los tiempos de solicitudes por fallas. De acuerdo con la investigación de Ramon (2015) dicho indicador mejoró de 51.6 a 105.37, lo cual representa una mejora del 103.97 %

Discusión de acuerdo al objetivo específico 3

Se observa un cambio en el MTTR posterior a la aplicación de la implementación del RCM, dado que la media de los 3 equipos Chiller cambia de 10.82 horas en el primer mes antes de la implementación a 4.50 horas en el último mes, produciéndose una disminución del 58.4% en el tiempo de reparaciones y el número de reparaciones correctivas. Dentro del trabajo se produce una variación descendiente del tiempo medio para reparaciones. En la investigación de Ramon (2015) el MTTR fue de 8.2 previo a la mejora y 6.52 posterior a ella, esto es un cambio de 20.5%. En comparación con la investigación hecha por Casas (2017) la disponibilidad de los equipos es producto de la metodología RCM aplicado de manera instrumental y operacional, las reparaciones serán reducidas si se produce el mantenimiento preventivo y correctivo, el cual se ve reflejado en el aumento porcentual de la disponibilidad de los contenedores Gambeta.

Discusión de acuerdo al objetivo específico 4

En cuanto a la disponibilidad de los tres equipos Chillers, esta mejora a partir de la mitad del año de análisis, donde la evolución del tiempo medio entre fallas influye de manera positiva en la disponibilidad. Además, al reducirse el tiempo de fallas disminuye el costo de reparaciones confirmando de ese modo la hipótesis planteada, es decir, los gastos pasaron de S/ 124'687.86 soles en el primer mes antes de la implementación a S/ 42'993.08 soles en el último mes después de la implementación del RCM, una disminución del 65.5%. Caso similar se presenta en la investigación realizada por Ramón (2015) donde se produjo una disminución de costos en reparaciones de una cifra considerable pasando de 1, 222,000 soles a 4,850 soles, dado que se cambió el tipo de mantenimiento convencional que se realizaba a las maquinarias por un sistema más moderno, reduciendo así el número de reparaciones. Del mismo modo en el estudio realizado por Rafo (2016) se muestra que posteriormente a la implementación de la metodología RCM se alcanzó una reducción de costos destinados a reparaciones del 50%.

5.2. Conclusiones

En esta sección se exponen las conclusiones de la investigación en base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos:

- La disponibilidad de equipos es medida en base a tres indicadores; a saber, el indicador de tareas de mantenimiento (TM), mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y confiabilidad operacional (CO). Previo a la implementación de la metodología RCM se alcanzó que el TM promedio de los equipos chillers fue de 56% en los primeros 6 meses, mientras que posterior a la chilles implementación dicho indicador ascendió a 86%, siendo el promedio de los 6 meses posteriores. Asimismo, el RCM de los equipos previo a la implementación fue de 32%, mientras que luego de la implementación fue de 82%; también, se obtuvo que el CO previo se calculó en 65% para posteriormente ascender a 85% en promedio. A su vez, en un sentido más completo, se obtuvo que la disponibilidad promedio de los 6 meses previos a la implementación de la metodología RCM fue de 82%, mientras que la disponibilidad promedio de los 6 meses posteriores a la ejecución de la metodología ascendió a 92%.
- Sobre el nivel de conocimiento del personal se alcanzó una calificación promedio de 10.67 antes del programa de capacitaciones, siendo un resultado aprobatorio en un 53.33%; mientras que posterior a la implementación la calificación promedio de los trabajadores ascendió a 16.67, lo cual representa una calificación aprobatoria en un 83.33%. Es decir, la capacitación incrementó el nivel de conocimiento de los trabajadores en 30%.
- El tiempo promedio entre fallas (MTBF) incrementa con la aplicación de la metodología RCM, ello se concluye dado que el MTBF obtenido como promedio de los 6 meses previos al RCM se cuantificó en 44.81 horas, mientras que el MTBF posterior a la implementación ascendió a 77.67 horas para los 6 meses siguientes.

- De manera similar, se obtuvo que el tiempo medio de reparaciones (MTTR) reaccionó positivamente a la aplicación de la metodología RCM, puesto que disminuyeron los tiempos que se requieren para efectuar las reparaciones. Ello se concluye debido a que el MTTR promedio de los 6 meses previos a la aplicación de la metodología fue de 9.80 horas, mientras que el promedio de los 6 meses posteriores a la aplicación de la metodología descendió a 6.38 horas.
- Finalmente, los costos de reparación presentaron una reducción como resultado de la implementación del RCM, se concluye como promedio de los 6 meses previos al RCM en S/.114'160.45, mientras que el promedio de los 6 meses posteriores a la implementación RCM descendió en S/.70'193.60. Generando un ahorro para la empresa de S/.43'966.86.

5.3. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones obtenidas, los autores recomiendan lo siguiente:

- Se recomienda a la empresa implementar la metodología RCM en otra sucursal, dado que queda comprobada su efectividad para aumentar la disponibilidad de equipos de aire acondicionado.
- Se recomienda al personal de jefatura (línea de mando), realizar capacitaciones de manera frecuente con la finalidad de incrementar el nivel de conocimiento de los trabajadores y contribuir con un espacio donde se redistribuyan sus conocimientos.
- Se recomienda a los supervisores incorporar un mecanismo de registro para garantizar información de confianza con respecto a los tiempos entre fallas y tiempos de reparaciones.
- Se recomienda a la empresa adquirir equipos de mayor tecnología que permitan incrementar la eficiencia y productividad de las actividades de reparación de los equipos Chillers.
- También se recomienda a la empresa designar responsables para el control de los implementos de seguridad que utilizan los trabajadores con la finalidad de salvaguardar su integridad.

REFERENCIAS

- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Begazo Carreño, V. (2019). *Investigación para la mejora del mantenimiento preventivo utilizando la herramienta RCM para optimizar el servicio de mantenimiento a viviendas*. Arequipa: Universidad Católica San Pablo.
- Caballero, C., & Clavero, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Cabrera Adames, L. (2017). *Proyecto aplicado al mantenimiento total productivo a los equipos de aire acondicionado de E.S.E Carmen Emilia Ospina prestadora de servicios en salud*. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia .
- Casas Roque, R. L. (2017). *Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC en el año 2017*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Cerron Romero, J. (2016). *Influencia del RCM en la disponibilidad de los elevadores de cangilones de la refinería Votorantim - Cajamarquilla S.A*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cool Lider Tech S.A.C. (2019). *Cool Lider Tech S.A.C*. Recuperado el 6 de 8de 2019, de <http://coollidertech.com/>
- Costta Silva , G., & Guevara Haro, J. (2015). *Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de Telefónica del Perú Zonal Norte, basado en la metodología Ishikawa-Pareto* . Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Cuilla, J. (2016). *Reliability Leaders RCM Handbook*. Nueva York, Estados Unidos: T.R.P.
- Diario Correo. (26 de 6 de 2019). *Dario Correo*. Recuperado el 23 de 7 de 2019, de <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/piura-es-la-cuarta-ciudad-con-mayor-cantidad-de-accidentes-de-trabajo-895066/>
- Diario El Correo. (26 de 02 de 2019). *EL Correo*. Recuperado el 2019 de 03 de 02, de ¿Cómo funciona la app de la OTA?: <https://www.elcorreo.com/alava/araba/funciona-aplicacion-movil-20190226130948-nt.html>

- Espinoza Albino, P. M. (2017). *Mejora de procesos para la reducción de fallas en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en la empresa de servicios Eslab Group SAC 2017*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Flores Quispe, Y. (2018). *Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera. Apurimac 2018*. Chiclayo, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- García , I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Diaz Santos.
- García Ortiz, F. (2017). *Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado*. Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- García, A. (2018). *Sistema de climatización de aire filtrado para el área de preparación del servicio de farmacia de producción del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Google Maps. (2019). *Mapas de Google*. Recuperado el 6 de 8 de 2019, de <https://www.google.com.pe/maps/search/alfonso+ugarte+pamplona+alta+san+juana+de+miraflores/@-12.1343051,-76.9718356,15z/data=!3m1!4b1?hl=es-419>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: Mac Graw-Hill Internacional Editores S.A.
- Hi Cool Systems. (01 de 06 de 2019). *Hi Cool Systems*. Recuperado el 23de 07 de 2019, de <https://www.hcsperu.com/servicios-ventilacion/mantenimiento-de-aire-acondicionado/>
- Huanca Esquía, E. (2016). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de Lima*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Jacome, F. (2014). *Estudio para mejorar la producción del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización de la empresa Akribis S.A*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Jiménez, F. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. Malaga, España: IC Editorial.
- Kumar Verma, A., Srividya , A., & Durga Rao , K. (2015). *Reliability and Safety Engineering*. Berlin, Alemania: Springer.

- Lapuerta Amigo, M., & Armas, O. (2012). *Frio industrial y aire acondicionado*.
Cuenca: Universidad de Castilla- La Mancha.
- Lopez Calla, R. R. (2018). *Implementacion del TPM para mejorar la calidad de servicio en equipos de aire acondicionado, brindado por la empresa Corporación Metal Frío del Perú SAC, Comas, 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Maya Velasquez, J. A. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*. Medellín, Colombia: Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.
- Medrano Hurtado, Z., Perez Tello, C., Gomez Sarduy, J., & Vera Perez, M. (2016). Nueva metodología de diagnóstico de fallas en rodamientos en una máquina síncrona mediante el procesamiento de señales vibroacústicas empleando análisis de densidad de potencia. *Ingeniería Investigación y Tecnología Vol 17 N° 1*, 73-85.
- Monforte, J. (22 de Julio de 2019). *Energética*. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de Energética: <http://www.energetica21.com/noticia/schneider-electric-mejora-la-eficiencia-energetica-de-la-sede-medicos-sin-fronteras-en-espana>
- OShall, D. (2017). *The Definitive Guide to Rotating Constant Master Keying RCM*. Florida, Estados Unidos.
- Padilla , L. (10 de Julio de 2019). *Actualidad Iphone*. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de Actualidad Iphone: <https://www.actualidadiphone.com/tado-smart-ac-control-homekit/>
- Rafo Boye, J. (2016). *Propuesta de estrategia de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado de alta criticidad, mediante la aplicación de la metodologia RCM en el marco de una politica de confiabilidad operacional*. Santiago de Chile: Universidad Tecnica Federico Santa María.
- Ramon Reynoso, G. G. (2015). *Aplicación de metodología de RCM para el incremento de disponibilidad de Chancadora HP-500 en la compañía minera Volcan-Chungar*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- RefriPerú. (01 de 2019 de 2019). *RefriPERú*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de <http://refriperu.com.pe/servicios/corporativos/>
- Romero, L. (2016). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.

- Serrano, J. (2013). *Manual de Aire Acondicionado y Ventilación Industrial 2*. Buenos Aires, Argentina: MG Estudio.
- Sifonte, J., & Reyes Picknell, J. (2017). *Reliability Centered Maintenance – Reengineered*. Nueva York, Estados Unidos: CRC Press.
- Socconini, L., & Martín, J. (2019). *Lean Energy 4.0. Guía de implementación*. Barcelona, España: Marge Books.
- Tamarit, L. J. (3 de Julio de 2019). *eldiario.es*. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de eldiario.es: https://www.eldiario.es/sociedad/incierto-futuro-actuales-refrigeradores-acondicionados_0_916558521.html
- Transporte3. (2 de Julio de 2019). *Transporte3.com*. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de Transporte3.com: <https://www.transporte3.com/noticia/14302/equipos-autonomos-de-aire-acondicionado-trp>
- Valderrama Mendoza, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*. Lima: Editorial San Marcos; ISBN:6123028782.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería* Vol. 21 N° 1, 125-138.

ANEXOS

Anexo 1: Actas de autorización de la investigación.....	113
Anex 2: Matriz de consistencia	115
Anexo 3: Muestra de ficha de cotización de costos de reparación de equipos Chiller.	116
Anexo 4: Imágenes de la ejecución de la metodología RCM.....	117
Anexo 5: Toma de tiempos de mantenimiento en el escenario inicial	118
Anexo 6: Toma de tiempos de mantenimiento en el escenario final.....	119
Anexo 7: Toma de tiempos de reparación en el escenario inicial	120
Anexo 8: Toma de tiempos de reparación en el escenario final	121
Anexo 9: Datos de los equipos	122

Anexo 1: Actas de autorización de la investigación

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA					
Yo <u>Carlos Enrique Calderón Dávalos</u> <small>(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)</small>					
Identificado con DNI <u>08375383</u>	en mi calidad de <u>Gerente General</u> <small>(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)</small>				
	del área de <u>Gerencia</u> <small>(Nombre del área de la empresa)</small>				
	de la empresa/institución <u>COOL LIDER TECH S.A.C.</u> <small>(Nombre de la empresa)</small>				
con R.U.C N° <u>20524510945</u> , ubicada en la ciudad de <u>Lima</u>					
OTORGO LA AUTORIZACIÓN,					
Al señor <u>Gary Pierre Moreno Tenorio</u> <small>(Nombre completo del Egresado/Bachiller)</small>					
Identificado con DNI N° <u>44439540</u> , egresado de la <input checked="" type="checkbox"/> Carrera profesional o () Programa de Postgrado de <u>INGENIERÍA INDUSTRIAL</u> <small>(Nombre de la carrera o programa)</small> para que utilice la siguiente información de la empresa:					
<u>Parámetros de funcionamiento de las unidades enfriadoras.</u>					
<u>Constancias, Reportes, Fotografías y Registros.</u> <small>(Indicar la información a entregar)</small>					
con la finalidad de que pueda desarrollar su () Trabajo de Investigación, () Tesis o <input checked="" type="checkbox"/> Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de () Bachiller, () Maestro, () Doctor o <input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional.					
Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación: <input checked="" type="checkbox"/> Ficha RUC. <input checked="" type="checkbox"/> Vigencia de Poder (Para informes de suficiencia profesional). <input type="checkbox"/> Otro (ROF, MOF, Resolución, etc. para el caso de empresas públicas válido tanto para Tesis, Trabajo de Investigación o Trabajo de Suficiencia Profesional).					
Indicar si el Representante que autoriza la Información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada. <input type="checkbox"/> Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o <input checked="" type="checkbox"/> Mencionar el nombre de la empresa.					
		Firma y Sello del Representante Legal			
DNI:		<u>08375383</u>			
El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.					
		Firma del Egresado			
DNI:		<u>44439540</u>			
CÓDIGO DE DOCUMENTO	CDR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	04	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	12/05/2020				

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA



Yo Carlos Enrique Calderón Dávalos
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
identificado con DNI 08375383, en mi calidad de Gerente General
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
del área de Gerencia
(Nombre del área de la empresa)
de la empresa/institución COOL LIDER TECH S.A.C.
(Nombre de la empresa)
con R.U.C N° 20524510945, ubicada en la ciudad de Lima

OTORGÓ LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Gino Arce Carrasco
(Nombre completo del Egresado/Bachiller)
identificado con DNI N° 80297347, egresado de la Carrera profesional o Programa de
Postgrado de INGENIERÍA INDUSTRIAL para
(Nombre de la carrera o programa)
que utilice la siguiente información de la empresa:

Parámetros de funcionamiento de las unidades enfriadoras.
Constancias, Reportes, Fotografías y Registros.
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Investigación, Tesis o Trabajo de
suficiencia profesional para optar al grado de Bachiller, Maestro, Doctor o Título Profesional.

Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación:
 Ficha RUC.
 Vigencia de Poder (Para informes de suficiencia profesional).
 Otro (ROF, MOF, Resolución, etc. para el caso de empresas públicas válido tanto para Tesis,
Trabajo de Investigación o Trabajo de Suficiencia Profesional).

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o
cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.
 Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
 Mencionar el nombre de la empresa.

Firma y Sello del Representante Legal
DNI: 08375383

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis
son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del
procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones
legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Firma del Egresado
DNI: 80297347


CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	04	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	12/11/2020				

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
General	General	General	Variable ind.(X)
¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?	Determinar en qué medida la implementación basada en la metodología RCM incrementa la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	La implementación basada en la metodología RCM sí logra incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	Implementación basada en la metodología RCM. Variable dependiente (Y) disponibilidad de los equipos de aire acondicionado
Específicos	Específicos	Específicos	Variable (X1)
¿Cuál es el nivel de conocimiento del personal posterior a la implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?	Medir el nivel de conocimiento del personal posterior a la implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	La implementación basada en la metodología RCM para los equipos de aire acondicionado sí incrementa el nivel de conocimiento del personal en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	Implementación basada en la metodología RCM. Variable (Y1) nivel de conocimiento del personal.
¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite determinar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?	Medir el tiempo medio entre fallas luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	La implementación basada en la metodología RCM sí logra determinar el tiempo medio entre fallas en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	Variable (X2) Implementación basada en la metodología RCM. Variable (Y2) determinar el tiempo medio entre fallas.
¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite reducir el tiempo medio para reparar los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?	Medir el tiempo medio para reparaciones luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	La implementación basada en la metodología RCM sí logra determinar el tiempo medio para reparaciones de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	Variable (X3) Implementación basada en la metodología RCM. Variable (Y3) determinar el tiempo medio para reparaciones.
¿En qué medida la implementación basada en la metodología RCM permite reducir el costo de reparación de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.?	Medir los costos en reparación luego de la implementación basada en la metodología RCM en los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	La implementación basada en la metodología RCM sí logra reducir de los costos en reparación de los equipos de aire acondicionado en la empresa COOL LIDER TECH S.A.C.	Variable (X4) Implementación basada en la metodología RCM. Variable (Y4) reducir los costos en reparación.

Elaboración propia

Anexo 3: Muestra de ficha de cotización de costos de reparación de equipos Chiller



COOL
LiderTech
Especialistas en Aire Acondicionado

OC: _____ COTIZACIÓN: 00000005 FECHA: ##### VENCE: 21/01/2020

CLIENTE: TIENDAS PERUANAS SA RUC: _____
E-Mail: _____ Telf.: _____
Atención: JAIME MORALES
Referencia: REPARACION CHILLER #2 - CKTO 1y2 - OECHSLE MIRAFLORES

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	8	Por suministro de paneles de condensacion de para el chiller #2	S/ 73,440.00
2	4	Por Suministro e instalacion de 02 transductores de baja presion y 02 transductores de alta presion.	S/ 5,050.00
3	8	INSTALACION DE PANELES DE CONDENSADO CKTO 1y2 - DEL CHILLER #2 Incluye: Desmontaje parcial del chiller Desmontaje de los 8 paneles de condensado Instalacion de los 8 paneles de condensado Desconexion de los sistemas de control y proteccion del chiller Trabajos con soldadura al 5% Presurizado con nitrogeno hasta 600 psi Cambio de filtro secador ceramico Secado del sistema Prueba de vacio Reconexion del sistema electrico Pruebas de funcionamiento. Entrega de constancia y conformidad del servicio.	S/ 15,000.00
SUB-TOTAL S/			S/ 93,490.00
IGV (18%) S/			16,828.20
TOTAL GENERAL S/			110,318.20

TERMINOS Y CONDICIONES:

- EN CASO DE ACEPTAR LA COTIZACIÓN, PREVIA ORDEN DE COMPRA PARA SU PROGRAMACIÓN.
- FORMA DE PAGO 100% AL TÉRMINO DEL TRABAJO DEL PRESENTE PRESUPUESTO, DESPUÉS DE PRESENTAR CONFORMIDAD DE OBRA FIRMADO POR EL CLIENTE.
- PERIODO DE PAGO 30 DIAS DESPUES DE LA CONFORMIDAD
- 8 AÑO DE GARANTIA EN EQUIPOS
- 8 MANTENIMIENTO DESPUES DE LOS 06 MESES DE INSTALACION
- TIEMPO DE ENTREGA 7 DIAS
- RETENCION DE EMERGENCIAS 1/7

Firma y Aceptado _____

Fecha: _____

Firma: _____

Anexo 4: Imágenes de la ejecución de la metodología RCM



Anexo 5: Toma de tiempos de mantenimiento en el escenario inicial



FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Dpto:	Servicios
Proceso:	Mantenimiento preventivo
Instalación:	
Herramientas:	

Hoja:	1.0
Fecha:	6/02/2019
Inicio:	9:00 a. m.
Termino:	6:00 p. m.
Operario:	Michael Tafur
Observado por:	Gino Arce (Bachiller)

Item	Proceso	Actividades	Tiempos medidos en min.					Suma de T. en min.	Prom. De T. en min
			D1	D2	D3	D4	D5		
1	Mantenimiento preventivo	Limpeza lavado del serpentín requerimientos de materiales	60	70	65			195	65
2		Limpeza del sistema eléctrico	45	30	35			110	37
3		Lubricación de rodamientos	35	45	40			120	40
4		Inspección de motores ventiladores	5	5	10			20	7
5		Limpeza de drenaje, bandeja y filtros de aire	20	30	15			65	22
6		Supervisión	5	10	5			20	7
7		Medición de presión de gas refrigerante	20	15	20			55	18
8		Supervisión	10	5	5			20	7
9		Verificación del funcionamiento	15	10	15			40	13
10		Llenado de constancias y acta de conformidad	20	15	10			45	15
Tiempos			235	235	220			690	230
Tiempo en horas								12	4

Comentarios:




COOL LIDER TECH S.A.C
 RUC: 2020259840
 CARRERAS CAYANILLOS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

DIRECCION: MZA. 5 LOTE. 11 SEC. ALFONSO UGARTE PAMP ALTA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
 TELEFONO: 940394766

E-MAIL: servicios@coolidertech.com

Anexo 6: Toma de tiempos de mantenimiento en el escenario final



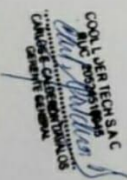
FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Dpto:	Servicios
Proceso:	Mantenimiento preventivo
Instalación:	
Herramientas:	

Hoja:	2.0
Fecha:	6/08/2019
Inicio:	9:00 a. m.
Término:	6:00 p. m.
Operario:	Michael Tafur
Observado por:	Garry moreno (Bachiller)

Item	Proceso	Actividades	Tiempos medidos en min.					Suma de T. en min.	Prom. De T. en min
			D1	D2	D3	D4	D5		
1	Mantenimiento preventivo	Limpieza lavado del serpentín requerimientos de materiales	45	50	40			135	45
2		Limpieza del sistema eléctrico	20	30	25			75	25
3		Lubricación de rodamientos	35	30	28			93	31
4		Inspección de motores ventiladores	10	8	10			28	9
5		Limpieza de drenaje, bandeja y filtros de aire	20	15	20			55	18
6		Supervisión	10	10	10			30	10
7		Medición de presión de gas refrigerante	10	15	15			40	13
8		Supervisión	10	5	5			20	7
9		Verificación del funcionamiento	30	20	30			80	27
10		Llenado de constancias y acta de conformidad	5	15	10			30	10
Tiempos			195	198	193		586	195	
Tiempo en horas								10	3


Comentario:



COOL LIDER TECH S.A.C
 RUC 2009011899
 AV. ALFONSO UGARTE PAMP ALTA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
 CARRETERA CAJAMARCA
 CAJAMARCA

DIRECCION: WZA 5 LOTE. 11 SEC. ALFONSO UGARTE PAMP ALTA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
 TELEFONO: 940384756
 E-MAIL: servicios@coolidertech.com

Anexo 7: Toma de tiempos de reparación en el escenario inicial



FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Dpto:	Servicios
Proceso:	Mantenimiento Correctivo
Instalación:	Cambio de bomba de agua
Herramientas:	Llaves de mano

Hoja:	4.0
Fecha:	15/08/2019
Inicio:	10:00 a. m.
Termino:	4:00 p. m.
Operario:	Jefferson allicarima
Observado por:	Gary moreno (Bachiller)

Item	Proceso	Actividades	Tiempos medidos en min.					Suma de T. en min.	Prom. De T. en min
			D1	D2	D3	D4	D5		
1	Mantenimiento Correctivo	Desmontaje parcial de la unidad	30	25	30			85	28
2		Cierre de válvulas de agua	10	15	10			35	12
3		Cambio de bomba de recirculación de agua	70	65	70			205	68
4		Cambio de sellos mecánicos	35	35	50			120	40
5		Ajuste pernos y tuercas de seguridad	20	15	20			55	18
6		Supervisión	10	10	10			30	10
7		presurizado	30	20	25			75	25
8		Verificación del funcionamiento	5	10	10			25	8
9		Llenado de consistencias y acta de conformidad	30	20	30			80	27
10	Tiempos		10	15	10			35	12
			250	230	265			745	248
			Tiempo en horas					12	4

Comentario:

COOL LIDER TECH S.A.C
 RUC 20510985150
 Calle de la Colina, 1503
 General Estigarribia, Misiones

DIRECCION: MZA. 5 LOTE. 11 SEC. ALFONSO UGARTE PAMP ALTA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
 TELEFONO: 940384766
 E-MAIL: servicio@coollidertech.com

Anexo 8: Toma de tiempos de reparación en el escenario final



FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Dpto:	Servicios	Hoja:	30
Proceso:	Mantenimiento Correctivo	Fecha:	10/02/2019
Instalación:	Cambio de bomba de agua	Inicio:	11:00 a. m.
Herramientas:	Llaves de mano	Termino:	5:00 p. m.
		Operario:	Jefferson aliccarima
		Observado por:	Gino Arce (Bachiller)

Item	Proceso	Actividades	Tiempos medidos en min.					Suma de T. en min.	Prom. De T. en min
			D1	D2	D3	D4	D5		
1	Mantenimiento Correctivo	Desmontaje parcial de la unidad	45	50	40			135	45
2		Cierre de válvulas de agua	20	30	25			75	25
3		Cambio de bomba de recirculación de agua	80	70	80			230	77
4		Cambio de sellos mecánicos	40	35	50			125	42
5		Ajuste pernos y buercas de seguridad	20	15	20			55	18
6		Supervisión	10	10	10			30	10
7		presurizado	40	30	35			105	35
8		Supervisión	10	10	5			25	8
9		Verificación del funcionamiento	20	20	30			70	23
10		llenado de constancias y acta de conformidad	10	15	10			35	12
Tiempos			295	285	305		885	295	
Tiempo en horas							15	5	

Comentario:



COOL LIDER TECH S.A.C
 GINO ARCE
 Observador

DIRECCION: MZA. S LOTE. 11 SEC. ALFONSO UGARTE PAMP ALTA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
 TELEFONO: 940384766
 E-MAIL: servicios@coolldertech.com

Anexo 9: Datos de los equipos

Código: 01-MANT											
Metodología RCM, tareas de mantenimiento, confiabilidad operacional										Versión: 01	
Página:01 de 01											
Encargado											
Variable Independiente			Fórmulas								
Metodología RCM			Tareas de mantenimiento			Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad			Confiabilidad operacional		
N°	Mes	Equipo	TM			RCM			CO		
			Tareas Cumplidas	Total, de Tareas	Resultado	Inspecciones Realizadas	Total, Inspecciones	Resultado	Eventos Detectados	Total, de Eventos	Resultado
1	dic-18	Chiller 1	26	45	58%	7	35	20%	41	60	68.33%
2	ene-19	Chiller 1	27	45	60%	9	35	26%	40	60	66.67%
3	feb-19	Chiller 1	29	44	66%	10	35	29%	38	60	63.33%
4	mar-19	Chiller 1	25	43	58%	11	35	31%	40	60	66.67%
5	abr-19	Chiller 1	22	42	52%	13	35	37%	39	60	65.00%
6	may-19	Chiller 1	21	40	53%	15	35	43%	41	60	68.33%
7	jun-19	Chiller 1	26	36	72%	18	27	67%	38	50	76.00%
8	jul-19	Chiller 1	28	34	82%	20	27	74%	32	40	80.00%
9	ago-19	Chiller 1	26	30	87%	21	27	78%	25	30	83.33%
10	sep-19	Chiller 1	22	25	88%	22	27	81%	19	22	86.36%
11	oct-19	Chiller 1	18	20	90%	24	27	89%	18	20	90.00%
12	nov-19	Chiller 1	17	18	94%	25	27	93%	17	18	94.44%
13	dic-18	Chiller 2	25	47	53%	6	35	17%	40	60	67%
14	ene-19	Chiller 2	23	45	51%	8	35	23%	41	60	68%
15	feb-19	Chiller 2	26	46	57%	10	35	29%	39	60	65%
16	mar-19	Chiller 2	25	44	57%	12	35	34%	42	60	70%

17	abr-19	Chiller 2	23	43	53%	13	35	37%	38	60	63%
18	may-19	Chiller 2	24	45	53%	16	35	46%	37	60	62%
19	jun-19	Chiller 2	28	41	68%	19	27	70%	35	50	70%
20	jul-19	Chiller 2	30	38	79%	21	27	78%	33	40	83%
21	ago-19	Chiller 2	31	35	89%	23	27	85%	25	30	83%
22	sep-19	Chiller 2	29	32	91%	24	27	89%	19	22	86%
23	oct-19	Chiller 2	23	25	92%	25	27	93%	18	20	90%
24	nov-19	Chiller 2	15	16	94%	26	27	96%	17	18	94%
25	dic-18	Chiller 3	23	44	52%	9	35	26%	36	60	60%
26	ene-19	Chiller 3	22	45	49%	11	35	31%	37	60	62%
27	feb-19	Chiller 3	27	47	57%	12	35	34%	41	60	68%
28	mar-19	Chiller 3	26	44	59%	12	35	34%	38	60	63%
29	abr-19	Chiller 3	27	45	60%	14	35	40%	39	60	65%
30	may-19	Chiller 3	24	43	56%	15	35	43%	36	60	60%
31	jun-19	Chiller 3	30	39	77%	17	27	63%	40	50	80%
32	jul-19	Chiller 3	29	35	83%	20	27	74%	33	40	83%
33	ago-19	Chiller 3	26	30	87%	22	27	81%	25	30	83%
34	sep-19	Chiller 3	24	26	92%	23	27	85%	19	22	86%
35	oct-19	Chiller 3	22	24	92%	24	27	89%	18	20	90%
36	nov-19	Chiller 3	20	21	95%	26	27	96%	16	17	94%

