



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA
MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
CRÍTICOS DE LA EMPRESA TERMINALES
PORTUARIOS PERUANOS S.A.C. EN EL AÑO 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Raúl Lenin Casas Roque

Asesor:

Ing. Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya

Lima – Perú

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el Bachiller **Raúl Lenin Casas Roque**, denominada:

**“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA
TERMINALES PORTUARIOS PERUANOS S.A.C. EN EL AÑO 2017”**

Ing. Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya

ASESOR

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Amilcar Escobedo Guevara

JURADO

Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola

JURADO

DEDICATORIA

A mis padres Leo y Lourdes, a mis
hermanos por su permanente cariño
y apoyo.

A mi esposa y mis queridos hijos
Bruno y Brenda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los profesores por los conocimientos impartidos durante la carrera; a mis compañeros de estudio por acompañarme en esta etapa de aprendizaje y colaborar en el logro de mis objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Antecedentes Internacionales.....	15
1.3. Antecedentes Nacionales	16
1.4. Realidad Problemática.....	17
1.5. Justificación.....	18
1.5.1. Justificación Teórica	18
1.5.2. Justificación Práctica	18
1.5.3. Justificación Cuantitativa	18
1.5.4. Justificación Académica	18
1.6. Objetivo	19
1.6.1. Objetivo General.....	19
1.6.2. Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Conceptos teóricos	20
2.1.1. Mantenimiento	20
2.1.2. Evolución histórica del mantenimiento	20
2.1.3. Niveles del mantenimiento	21
2.1.4. Curva de Davies	22
2.1.5. Tipos de mantenimiento	23
2.1.5.1. Mantenimiento preventivo.....	23
2.1.5.2. Mantenimiento predictivo	23
2.1.5.3. Mantenimiento correctivo	23
2.1.5.4. Mantenimiento en uso.....	23
2.1.6. Tácticas de Mantenimiento.....	24

2.1.6.1.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	24
2.1.6.2.	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	25
2.1.6.3.	Mantenimiento Proactivo.....	27
2.1.7.	Indicadores de Mantenimiento	28
2.1.7.1.	MTBF - Mean Time Before Failure (Tiempo Medio Entre Fallas)....	29
2.1.7.2.	MTTR – Mean Time To Repair (Tiempo Medio Para Reparar)	29
2.1.7.3.	Disponibilidad	29
2.1.7.4.	Disponibilidad Genérica	29
2.1.7.5.	Disponibilidad Inherente o Intrínseca.....	30
2.1.7.6.	Disponibilidad Alcanzada	31
2.1.7.7.	Disponibilidad Operacional	31
2.1.7.8.	Disponibilidad Operacional Generalizada.....	31
2.1.7.9.	Confiabilidad	32
2.1.7.10.	Mantenibilidad	33
2.2.	Definición de términos básicos	33
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		34
3.1.	Desarrollo el Objetivo 1: Descripción y diagnóstico de la empresa.....	34
3.1.1.	Descripción de las actividades de la empresa	34
3.1.2.	Diagnóstico de los equipos.....	35
3.1.2.1.	Balanzas.....	35
3.1.2.2.	Lavado de contenedores.....	36
3.1.2.3.	Tomas eléctricas para refrigerados	36
3.1.2.4.	Disponibilidad	37
3.1.3.	Determinación del Plan de Mantenimiento.....	40
3.2.	Desarrollo el Objetivo 2 – Diseño del Plan de Mantenimiento.....	42
3.2.1.	Inventario y codificación de todos los equipos	42
3.2.2.	Determinación de la criticidad de los equipos	43
3.2.3.	Modelos de mantenimiento	44
3.2.3.1.	Modelo correctivo.....	45
3.2.3.2.	Modelo condicional	45
3.2.3.3.	Modelo sistemático	45
3.2.3.4.	Modelo de alta disponibilidad.....	46
3.2.4.	Determinación de las fallas funcionales y técnicas de los equipos.....	46
3.2.5.	Determinación de los modos de fallos funcionales y técnicos	46
3.2.6.	Clasificación de las fallas según sus consecuencias	46

3.2.7.	Determinación de medidas preventivas	47
3.2.7.1.	Tareas de mantenimiento	47
3.2.7.2.	Mejoras y/o modificaciones de la instalación	47
3.2.7.3.	Cambios en los procedimientos de operación	48
3.2.7.4.	Cambios en los procedimientos de mantenimiento	48
3.3.	Desarrollo el Objetivo 3 – Aplicación del Plan de Mantenimiento en TPP	49
3.3.1.	Descripción de los equipos y sistemas.....	49
3.3.2.	Inventario y codificación de todos los equipos	49
3.3.3.	Análisis de los equipos: criticidad y modelo de mantenimiento	52
3.3.4.	Determinación de fallas y modos de falla	54
3.3.5.	Determinación de medidas a adoptar.....	54
3.4.	Desarrollo el Objetivo 4 – Evaluación de los Resultados	55
3.4.1.	Lavado de contenedores	55
3.4.2.	Balanzas de 80 TN	56
	CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	57
4.1.	Resultados	57
4.2.	Conclusiones.....	57
4.3.	Recomendaciones	59
	REFERENCIAS	61
	ANEXOS.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Mapa de procesos – Depósito Temporal TPP	14
Figura N° 2. Gerencia de Administración y Finanzas – Estructura	14
Figura N° 3. Evolución de las técnicas de mantenimiento	21
Figura N° 4. Curva de Davies.....	22
Figura N° 5. Etapas de implementación del TPM	25
Figura N° 6. Etapas de Implementación del RCM	26
Figura N° 7. Pasos de aplicación de la táctica proactiva	27
Figura N° 8. Tiempos importantes.....	28
Figura N° 9. Disponibilidad genérica	30
Figura N° 10. Disponibilidad inherente.....	31
Figura N° 11. Curva de Confiabilidad	32
Figura N° 12. Uso de balanza	35
Figura N° 13. Cantidad de contenedores lavados	36
Figura N° 14. Sub estación 400 KVA	37
Figura N° 15. Aplicación de las tácticas de mantenimiento	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Disponibilidad de sistemas y equipos 2016	39
Tabla N° 2. Niveles para codificación.....	42
Tabla N° 3. Codificación de equipos y componentes.....	43
Tabla N° 4. Matriz de criticidad	44
Tabla N° 5. Equipos a cargo de Infraestructura	49
Tabla N° 6. Asignación de códigos - Locales.....	49
Tabla N° 7. Asignación de códigos – Equipos	50
Tabla N° 8. Inventario y codificación de equipos	51
Tabla N° 9. Análisis de criticidad	52
Tabla N° 10. Ponderación de criticidad	53
Tabla N° 11. Criticidad y modos de mantenimiento	53
Tabla N° 12. Criticidad y asignación de modelos de mantenimiento.....	53
Tabla N° 13. Fallas y modos de falla.....	54
Tabla N° 14. Medidas preventivas – Hidrolavadora KARCHER	55
Tabla N° 15. Disponibilidad proyectada – Lavado de contenedores	56
Tabla N° 16. Disponibilidad proyectada – Balanzas 80 TN	56
Tabla N° 17. Disponibilidad - Años 2016 y 2018.....	57

RESUMEN

Es importante que las empresas tengan un plan de mantenimiento que incluya la planificación, programación y cumplimiento de tareas de preservación de sus equipos y máquinas porque les va a permitir que estos cumplan la función para los que han sido adquiridos; además va a prolongar la vida útil de estos activos generando un ahorro a la empresa.

En la presente tesis se propone la implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los equipos que están directamente relacionados con la actividad principal del almacén de contenedores de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC.

En el plan propuesto se incluyen algunas de las actividades de RCM como la determinación de las fallas de los equipos, las causas (modos de falla), las consecuencias en las operaciones del almacén, en la salud y el medio ambiente para establecer las tareas de mantenimiento y mejoras en los procedimientos e instalaciones para que éstas sean eliminadas o minimizadas.

La mejora de la disponibilidad de los equipos críticos se alcanzará reduciendo los tiempos de las paradas no previstas (fallas) lo que permitirá que las metas de operaciones se alcancen sin perturbaciones.

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO, MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, EQUIPOS CRÍTICOS.

ABSTRACT

It is important that companies have a maintenance plan that includes planning, scheduling and fulfillment of tasks preserving their equipment and machines because they will allow these fulfill the function for which they have been acquired; In addition it will extend the useful life of these assets generating a saving to the company.

This thesis proposes the implementation of a maintenance plan based on the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology with the aim of improving the availability of equipment that is directly related to the main activity of container warehouse of the company Terminales Portuarios Peruanos SAC.

The proposed plan includes some of the RCM activities such as the determination of equipment failures, causes (failure modes), consequences on warehouse operations, health and the environment to establish the tasks of Maintenance and improvements in procedures and facilities to be eliminated or minimized.

Improving the availability of critical equipment will be achieved by reducing unplanned downtime (failures), which will allow that operational targets are reached without disturbance.

KEY WORDS: MAINTENANCE, REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE, AVAILABILITY, CRITICAL EQUIPMENT.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas tienen equipos y máquinas que cumplen tareas específicas dentro de la organización y se espera que funcionen cuando son requeridas y no se produzcan fallas o paradas no programadas, muchos de ellos inciden directamente en la actividad principal de la empresa por lo que su garantizar su funcionamiento es importante. Con el paso de los años las máquinas se han modernizado y muchas de ellas son de alta complejidad y también de un valor económico considerable. Por estos motivos las actividades de conservación de la operatividad de las máquinas requieren no solo de mano de obra calificada, sino también de un plan de mantenimiento eficaz, eficiente y oportuno.

Muchas empresas, principalmente las empresas que realizan actividades extractivas y productivas han designado personal que se dedica exclusivamente a planificar y ejecutar las tareas de mantenimiento. Pero también hay empresas pequeñas o empresas de servicios que tienen relativamente pocos equipos y máquinas donde el mantenimiento a menudo se considera una actividad secundaria y no es incluido dentro de los planes y objetivos de la empresa.

En este trabajo se propondrá un plan de mantenimiento para la empresa Terminales Portuarios Peruanos S.A.C cuya actividad principal es el almacenamiento de contenedores con carga de importación y exportación (empresa de servicios); el plan de mantenimiento propuesto permitirá mejorar la disponibilidad de sus equipos y máquinas relacionados con su actividad principal con el objetivo que no se produzcan retrasos en las operaciones a causa del mal funcionamiento de éstas.

Se incidirá en el aspecto que la aparente simplicidad de las máquinas y tareas que realicen no debe ser motivo para no adoptar un plan, programa o sistema de mantenimiento que garantice su operatividad.

1.1. Antecedentes

Un almacén de contenedores o depósito temporal funciona 24 horas al día, todos los días del año. Las operaciones habituales son la recepción y despacho de carga en contenedores a usuarios (agencias de aduanas) y clientes (importadores y exportadores). Otra actividad usual es la descarga y embarque de contenedores a naves que atracan en el puerto del Callao, estas operaciones están regidas por las normas de la autoridad aduanera. La descarga y embarque de contenedores tienen tiempo limitados por los plazos que fijan el puerto y las líneas navieras para ingresar la carga.

TERMINALES PORTUARIOS PERUANOS (TPP) pertenece a un holding de capitales peruanos que tiene empresas dedicadas a las operaciones marítimas, portuarias y de almacenamiento. TPP inició operaciones el año 2005 como agencia marítima en una oficina en el Callao; ante el crecimiento del comercio exterior los directores decidieron incursionar en una nueva línea de negocios como es el almacenamiento de contenedores, es así que el año 2009 empezaron las actividades como terminal de contenedores en un terreno de 60,000 m² teniendo como funciones

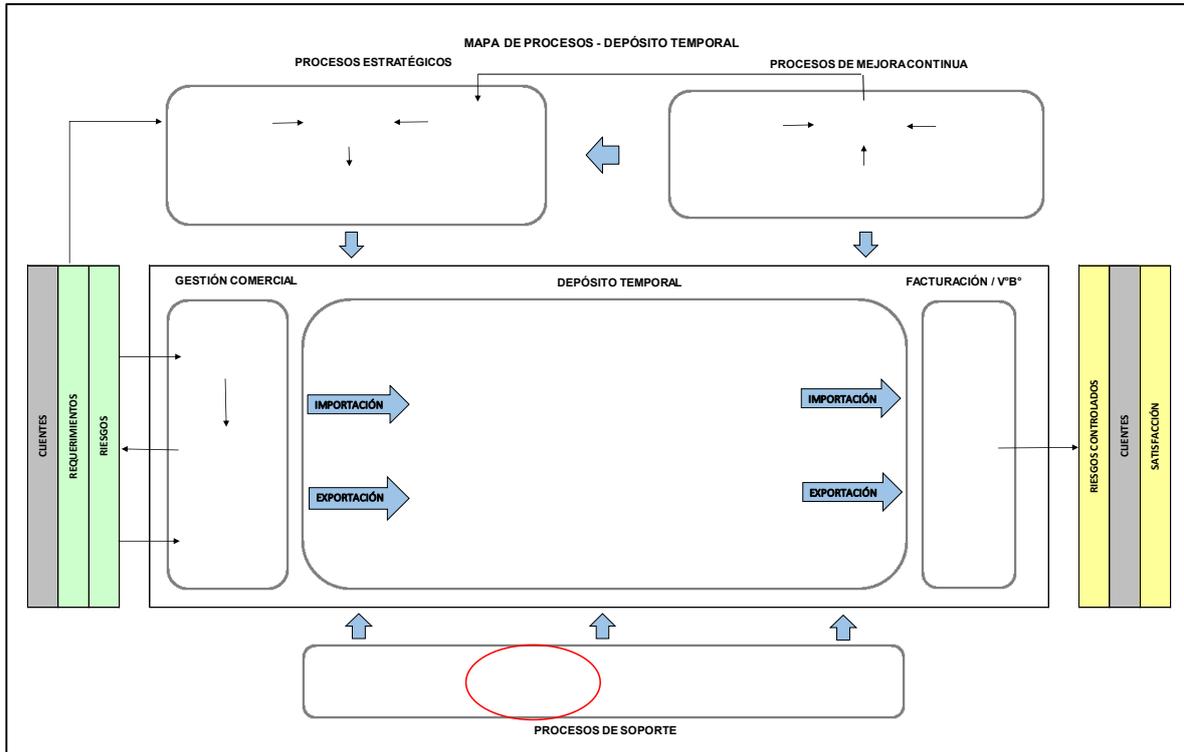
principales el almacenamiento de contenedores vacíos, de contenedores refrigerados y depósito temporal. Actualmente cuenta con un segundo local de 33,000 m² para el almacenamiento de contenedores vacíos y carga suelta, además cuenta con dos oficinas administrativas en el Callao y han alquilado un terreno de 13,000 m² donde se construyen almacenes techados para carga suelta.

TPP no tenía un área de Mantenimiento cuando empezó a funcionar el año 2009 ya que no había necesidad de realizar trabajos de preservación porque gran parte de los equipos eran nuevos. Las tareas de mantenimiento preventivo y/o correctivo eran realizadas por proveedores y supervisadas por el área usuaria o por Administración. Es así que el área de Equipos (Operaciones) se encarga del mantenimiento de las grúas portacontenedores y Administración del mantenimiento de sub estaciones y balanzas.

El año 2011 son contratados técnicos de mantenimiento para realizar tareas menores de infraestructura (gasfitería y electricidad) los que dependen del área de Administración. El 2012, debido a la certificación ISO 9001, Administración elabora un programa de mantenimiento de equipos e infraestructura donde se consigna las fechas de las tareas de mantenimiento preventivo de los principales equipos pero no se lleva ningún registro de las reparaciones que se realizan. Es más, no se sabía la cantidad ni ubicación exacta de muchos de ellos (bombas de agua, hidrolavadoras, equipos de aire acondicionado, etc.).

A fines del 2013 se incorpora al área un coordinador de mantenimiento y desde esa fecha se ha implementado un inventario e historial de los equipos y se han elaborado especificaciones de mantenimiento para algunos de ellos. Según se observa en el mapa de procesos de la Figura N° 1, el área de mantenimiento (al estar dentro de Administración) se ubica dentro de los procesos de apoyo de la empresa ya que la actividad principal es el almacenamiento y manipuleo de contenedores con carga de importación y exportación. El mantenimiento de las grúas portacontenedores y montacargas está a cargo del área de Equipos y el mantenimiento de los equipos informáticos a cargo del área de Sistemas.

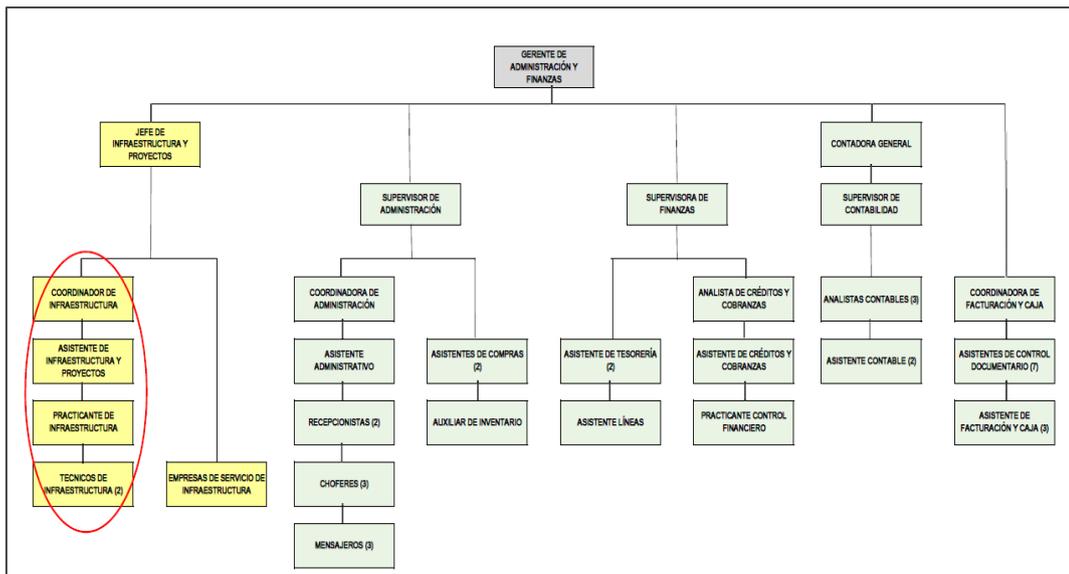
Figura N° 1. Mapa de procesos – Depósito Temporal TPP



Fuente: Área de Planeamiento TPP

A fines del 2015 se creó la Gerencia de Administración y Finanzas y se reestructuran las áreas a su cargo, cambiando el nombre del área de Mantenimiento por el de Infraestructura y Servicios Generales como se observa en el diagrama funcional de la Figura N° 2, además se le asigna la responsabilidad de la infraestructura y equipos de los dos almacenes y las dos oficinas.

Figura N° 2. Gerencia de Administración y Finanzas – Estructura



Fuente: Gerencia Administración TPP

La creación del área de Mantenimiento en el año 2013 fue una medida para solucionar principalmente las fallas y paradas imprevistas de equipos que generaban retraso en las operaciones del terminal: embarque y descarga de contenedores, lavado y asignación de contenedores para exportación, etc. Actualmente, la ahora denominada área de Infraestructura ha implementado algunos registros y controles de los equipos que están relacionados con las operaciones y está cumpliendo la programación de los mantenimientos preventivos recomendados por los fabricantes; con estas acciones se ha logrado reducir los tiempos de paradas no programadas pero, teniendo en cuenta los diferentes métodos y estrategias de mantenimiento, consideramos que estos tiempos de parada pueden reducirse aún más y también que la vida útil de estos activos pueden prolongarse.

1.2. Antecedentes Internacionales

Pezantes (2007) en su tesis *“Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de una planta procesadora de camarón”* describe la situación en una planta empacadora de camarón en Guayaquil (Ecuador) donde cuentan únicamente con un programa básico de mantenimiento preventivo y correctivo, y propone un plan anual de mantenimiento de los equipos críticos involucrados con el proceso productivo para mantener su correcto funcionamiento y alargar su vida útil; además el plan de mantenimiento ayudará a mantener la calidad de sus productos y mejorar la satisfacción de los clientes. La metodología empleada fue el levantamiento de información del estado de los equipos y del área de mantenimiento (tareas, personal, herramientas) y establecer la criticidad de los equipos mediante una matriz que considera variables tales como frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en la seguridad ambiental y de las personas. La aplicación del plan de mantenimiento debe reducir el porcentaje del mantenimiento correctivo ya que las paradas representan atrasos en la producción y alteraciones en la calidad del producto. El proyecto presentado tiene como conclusiones que la etapa crítica del proceso productivo es el congelado por tanto el plan presentado se ha enfocado en los equipos y máquinas que intervienen en esa etapa; también concluye que es necesario mantener los registros de los mantenimientos que propone para garantizar la efectividad del plan propuesto y que las actividades rutinarias de inspección, limpieza y manutención deben ser realizadas por los técnicos de la planta y que las actividades que requieran equipos específicos deben ser hechas por personal o empresas externos (contratistas). Finalmente recomienda establecer políticas de mantenimiento, realizar estudios de obsolescencia de los equipos, capacitar a los técnicos de refrigeración y cambiar algunos equipos que por su antigüedad es difícil conseguir repuestos ya que están descontinuados.

Asimismo, Ruiz (2012) en *“Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo”* ha desarrollado un proyecto para implementar un plan de mantenimiento predictivo en una planta de producción de petróleo en Colombia con el objetivo de conseguir una disponibilidad mecánica del 95% y lograr la utilización que asegure el máximo margen de ganancia. La metodología empleada fue establecer los lineamientos para determinar los equipos

críticos a los que se debe aplicar el mantenimiento predictivo, desarrollar un programa de mantenimiento predictivo y determinar los indicadores de eficiencia y efectividad para demostrar los beneficios económicos y operacionales de su implementación. La aplicación del plan de mantenimiento permitió mejorar la disponibilidad mecánica de los sistemas de 95% a 97%; también se logró reducir las pérdidas de producción y finalmente se consiguió reducir los costos de mantenimiento porque disminuyeron las acciones de mantenimiento correctivo. La investigación tiene las siguientes conclusiones: el mantenimiento predictivo es una herramienta fundamental en una estrategia de mantenimiento pensada en la gestión de activos; los riesgos operativos disminuyeron debido a la detección temprana de las fallas y también que las pérdidas de producción disminuyeron al incrementarse los tiempos de funcionamiento de los equipos. Finalmente la autora recomienda que las empresas deberían invertir más en mantenimiento predictivo porque, aunque la inversión inicial es alta, se tiene un retorno económico al aumentar la producción y por el ahorro que se genera al disminuir las tareas correctivas.

1.3. Antecedentes Nacionales

Rivera (2011) en su tesis "*Sistema de gestión del mantenimiento industrial*" propone la aplicación de un sistema de mantenimiento en las PYME para reducir los costos de mantenimiento. Describe los problemas del mantenimiento en la industria de nuestro país donde resalta que no existe planeación estratégica ni planificación para la preservación y mantenimiento de los recursos físicos de la mayoría de las empresas. Expone las diferentes técnicas existentes sobre mantenimiento y propone la implementación de un Sistema de Mantenimiento industrial, que agrupa ciclo de vida, personas, instalaciones, entre otros elementos y tiene como fundamento teórico la Norma UNE-EN-13460. Rivera sostiene que la correcta y adecuada implementación del sistema de mantenimiento que propone debe reflejarse en una disminución de los costos de mantenimiento ya que así se ha demostrado en otros países. Entre las conclusiones indica que el mantenimiento debe ser parte del Sistema Integrado de Gestión (SIG) de la empresa y como tal, debe ser asumido por todos los integrantes de la empresa (gerencia, personal de las diferentes áreas) y contar con todas las actividades relacionadas al SIG como son difusión, capacitaciones y auditorías. Asimismo recomienda que el sistema de mantenimiento debe ser diferente en cada empresa ya que será la mezcla e interrelación de las diferentes técnicas adaptadas a la realidad de cada una de ellas.

Da Costa (2006) en la tesis "*Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*" propone la aplicación de este método para disminuir las fallas y optimizar la confiabilidad de los motores que se emplean en la extracción y producción de hidrocarburos. La metodología empleada es la identificación de problemas que impiden la maximización del funcionamiento de los motores mediante el Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF) para aplicar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RMC) y determinar estrategias de mantenimiento. Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta se espera mejorar la vida útil de los componentes de los equipos y la disponibilidad de los mismos; de manera indirecta se mejorará la rentabilidad de las operaciones ya que se recuperará

petróleo a un menor costo de mantenimiento. Al finalizar la investigación concluye que la aplicación del RMC a los motores que funcionan en pozos de petróleo de alta producción permitió conocer los modos de falla, las partes críticas y las etapas donde se producen estas fallas, estos datos permiten determinar la frecuencia óptima de intervención en estos motores. Da Costa recomienda implementar nuevos planes de mantenimiento preventivo y predictivo en base a los resultados obtenidos en el MCC; establecer la adquisición de repuestos de los componentes críticos en cantidad y tiempos óptimos y establecer un plan de recambio de motores en mal estado y que hayan superado su vida útil.

1.4. Realidad Problemática

Las actividades de mantenimiento han evolucionado desde el principio de las actividades productivas hasta nuestros días. Inicialmente fue una actividad netamente correctiva ya que una máquina se reparaba cuando esta tenía una falla importante o paro. Posteriormente las máquinas fueron adquiriendo más importancia en los procesos productivos por lo que se crearon rutinas de ajuste y cambio de componentes desgastados naciendo el concepto de mantenimiento preventivo, el que se aceptó prácticamente como una labor que, aunque era onerosa, resultaba necesaria. Años después toma importancia el concepto del servicio como razón de ser de las empresas y que las máquinas son un medio para brindar estos servicios, por esta razón se comienzan a fabricar máquinas con características de fiabilidad y mantenibilidad para que las tareas de mantenimiento no sean un gasto obligado y sean más productivas; nace así el concepto de mantenimiento productivo (MP) y posteriormente el de mantenimiento productivo total (TPM) (Dounce, 2007).

Las grandes empresas, para preservar la fuerte inversión en activos han creado áreas encargadas del mantenimiento y conservación de sus equipos y máquinas y de la planificación y ejecución de estas actividades. Pero en muchas empresas pequeñas y medianas las actividades de conservación de los equipos y máquinas se siguen realizando de manera reactiva y con una programación básica, por lo que las operaciones productivas o de servicios a menudo se ven afectadas por las fallas y paradas de los equipos que se reflejan en un índice de disponibilidad.

Del mismo modo, si algunos de los equipos considerados críticos en el almacén de contenedores de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC (sistemas eléctricos, balanzas para camiones, equipos de bombeo de agua y lavado de contenedores) presentan fallas o una paralización no programada, las operaciones de recepción y despacho de carga en contenedores sufren atrasos. Si no se cumplen los plazos de ingreso o retiro de carga del puerto, se deben pagar penalidades o puede suceder que la carga no pueda ser embarcada y tenga que ser redirigida a otra nave (de empresas competidoras) con sobrecostos para la empresa.

Teniendo claro que muchos de los atrasos de las operaciones son consecuencia de la no disponibilidad de equipos que se relacionan directamente con éstas y que un plan de mantenimiento que incluya planificación, programación, ejecución y control de actividades puede mejorar la disponibilidad de estos equipos nos planteamos la pregunta que es el objetivo de este proyecto:

¿Cómo la implementación de un plan de mantenimiento mejora la disponibilidad de los equipos críticos del almacén de contenedores de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC el año 2017 ?

1.5. Justificación

Las fallas y paradas imprevistas de equipos que están directamente relacionados con la actividad principal de una empresa tienen consecuencias negativas en su productividad o en la calidad de los productos que entrega por lo que es pertinente tomar acciones para eliminarlas o reducirlas.

1.5.1. Justificación Teórica

Describe estrategias, técnicas y herramientas para que las empresas puedan desarrollar acciones para reducir las fallas y paradas de sus equipos y máquinas y así garantizar la continuidad y calidad de sus operaciones

1.5.2. Justificación Práctica

Propone la implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM que incluye la programación, asignación y ejecución de las actividades de mantenimiento en una empresa de servicios pero que también se puede aplicar en empresas productivas o industriales.

1.5.3. Justificación Cuantitativa

Con el cumplimiento de un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades de una empresa se logra reducir costos al mediano y largo plazo porque al disminuir el número de paradas de los equipos por fallas se incrementan las horas destinadas a la producción, además se tiene un ahorro en los costos de reparación al ser estos menos frecuentes. Asimismo, un plan de mantenimiento eficaz tiene como uno de sus objetivos alargar el ciclo de vida de los activos, con el consiguiente ahorro por reposición de los mismos.

1.5.4. Justificación Académica

El tema del presente trabajo ha sido elegido por la experiencia adquirida en más de diez años en trabajos relacionados con el mantenimiento de equipos al que se ha sumado los conocimientos adquiridos en los cursos de la carrera de Ingeniería Industrial los que han servido para dar un enfoque sistemático a todo el proceso de elección de la metodología a emplear y su aplicación práctica.

1.6. Objetivo

1.6.1. Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos que generan retraso en las operaciones en el almacén de contenedores de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC en el año 2017

1.6.2. Objetivos Específicos

- Elaborar el diagnóstico de la situación actual de los equipos y máquinas de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC; describir el estado del área de Infraestructura responsable de la operatividad de los equipos y máquinas de la empresa.
- Diseñar la implementación de programas, especificaciones y procedimientos para reducir las interrupciones y fallas de los equipos críticos (mejorar la disponibilidad) en el almacén de contenedores de Terminales Portuarios Peruanos SAC.
- Aplicar el plan de mantenimiento propuesto en la empresa Terminales Portuarios Peruanos.
- Evaluar los resultados obtenidos con la implementación del plan de mantenimiento analizando los indicadores de disponibilidad de los años 2016 y los indicadores de disponibilidad proyectados para el 2018.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos teóricos

2.1.1. Mantenimiento

García (2003) define al mantenimiento como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

Dounce (2007) plantea una definición más moderna enfocada en el servicio y la calidad que una máquina o sistema debe brindar: “Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos máquinas, etc., para que éstos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin”

2.1.2. Evolución histórica del mantenimiento

La función principal del mantenimiento es preservar la operatividad de los equipos y se puede decir que se realizan actividades de mantenimiento desde la aparición de las primeras máquinas creadas por el hombre. “La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos” (Mora, 2009, p. 2).

De acuerdo a lo que describe García (2003), a partir de la Revolución Industrial las actividades de mantenimiento fueron tomando mayor importancia y han pasado por diferentes etapas. En los inicios (1760 – 1860) los operarios de las máquinas se encargaban de las reparaciones; pero cuando las máquinas se hicieron más complejas y las tareas de mantenimiento requerían más dedicación, se crearon los primeros departamentos de mantenimiento con personal diferenciado a los de producción. Las actividades de mantenimiento en estas dos etapas eran principalmente correctivas, es decir se intervenía cuando se producía una falla en el equipo. A partir de la Primera Guerra Mundial, los departamentos de mantenimiento no solo se dedican a solucionar las fallas que se presentan en los equipos, sino a prevenirlas procurando actuar antes que se produzcan. Después de la Segunda Guerra Mundial, las máquinas se hicieron más sofisticadas y los costos de mantenimiento fueron incrementándose; pero también se busca mejorar la productividad evitando las pérdidas por averías y sus costos asociados. Es así que aparecen el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM).

Para Dounce (2007), el mantenimiento industrial tiene cuatro etapas que están determinadas por la orientación de las técnicas de mantenimiento y cómo están enfocadas.

Figura N° 3. Evolución de las técnicas de mantenimiento

TÉCNICA ORIENTADA AL:			
Cuidado físico de la máquina		Cuidado del servicio que proporciona la máquina	
I	II	III	IV
¿¿¿ - 1914	1914 - 1950	1950 - 1970	1970 - ????
CORRECTIVO (MC)	PREVENTIVO (MP)	PRODUCTIVO (PM)	PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
Enfoque máquina	Enfoque máquina	Enfoque al servicio que prestan las máquinas	Enfoque al servicio que prestan las máquinas
Solo se interviene en caso de paro o falla importante	Establecimiento de acciones preventivas	Importancia de la fiabilidad para la entrega del servicio al cliente. Se busca la eficiencia económica en el diseño de la planta	Lograr eficiencia PM a través de un sistema comprensivo y participativo total de los empleados de producción y planta

Fuente: Dounce, 2007

2.1.3. Niveles del mantenimiento

En los últimos años han aparecido nombres asociados al mantenimiento que han creado algo de confusión en algunas personas; a los ya conocidos mantenimiento correctivo y preventivo se han sumado el mantenimiento predictivo, progresivo y las abreviaturas TPM, RCM, PMO, etc. Para tener una mejor comprensión de lo anterior Mora (2009) las ha clasificado en instrumentos, acciones y técnicas que se dividen en niveles:

Nivel 1 – Instrumental

Incluye los elementos físicos e intangibles que se requieren para realizar acciones concretas de mantenimiento. A este grupo pertenecen registros, documentación y codificación. A este nivel también pertenecen instrumentos más avanzados como las 5S, la mejora continua y herramientas de orden técnico como análisis de fallas (AMEF, causa raíz), pronósticos, etc.

Nivel 2 – Operacional

En este nivel encontramos las acciones que se realizan para cubrir las necesidades de mantenimiento: preventivas, correctivas y predictivas.

Nivel 3 - Táctico

Incluye el conjunto de acciones que se aplican para alcanzar un fin siguiendo normas y reglas establecidas. En este nivel se sitúan el TPM, RCM, RCM Scorecard entre otros.

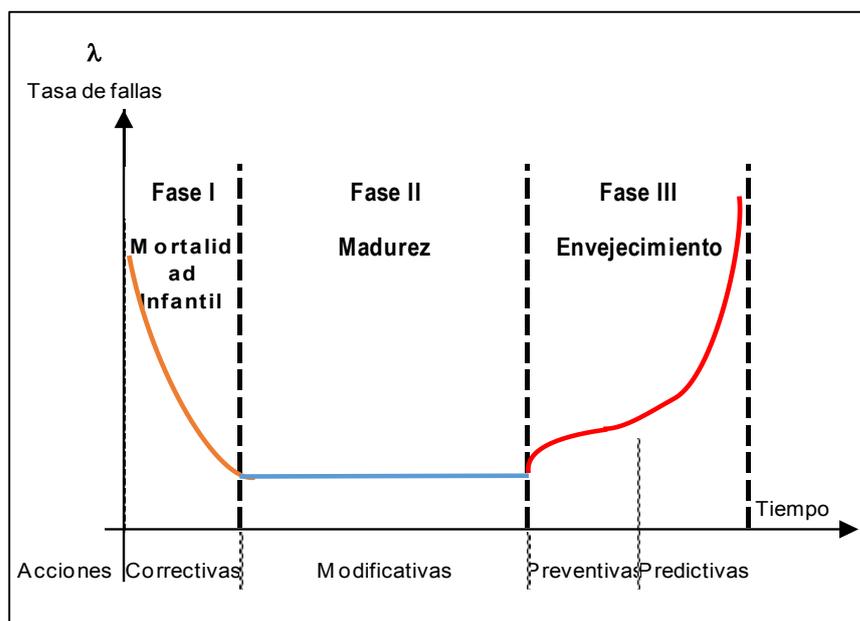
Nivel 4 - Estratégico

Contempla las metodologías que se han desarrollado para evaluar el grado de éxito de las tácticas empleadas; se utilizan el LCC, CMD, terotecnología, etc.

2.1.4. Curva de Davies

Conocida también como curva de la bañera, es una gráfica que representa las fallas de un equipo o sistema durante su vida útil. La vida útil es la duración estimada que un equipo puede tener cumpliendo con la función para lo que ha sido creado. La curva de Davies sirve para conocer la probabilidad de fallas del equipo y seleccionar las tareas de mantenimiento (preventivas, predictivas, correctivas o modificativas) dependiendo del valor del equipo.

Figura N° 4. Curva de Davies



Fuente: Mora, 2009

Fase de mortalidad infantil: en esta etapa la tasa de fallas es relativamente alta y tiene una tendencia decreciente porque la probabilidad de falla disminuye a medida que transcurre el tiempo. Las fallas se producen al poco tiempo de la puesta en funcionamiento del equipo y son consecuencia de errores de diseño, defectos de fabricación y montaje, o desconocimiento del equipo por parte de los operarios. Las acciones que se sugieren en esta fase son las correctivas (las fallas son generalmente diferentes) y modificativas (para corregir defectos de diseño o montaje).

Fase de madurez: la tasa de fallos es menor y constante; se producen por causas externas al equipo como mala operación, accidentes fortuitos, sobrecarga en la producción o cambios de las condiciones de funcionamiento. Las acciones que más se adaptan a esta etapa son las modificativas porque se requieren modificar los equipos o procesos a los nuevos estándares.

Fase de envejecimiento: la tasa de fallas es creciente y se producen por el desgaste natural, fatiga o corrosión de los componentes. En la primera parte de esta etapa el

incremento de la tasa de fallas es bajo, las fallas se deben al uso de los componentes, en esta parte se pueden usar acciones preventivas ya que las fallas son conocidas. En la segunda parte la tasa de fallas se acelera; se recomiendan las acciones predictivas ya que las fallas empiezan a ser previsibles; se debe optar por la sustitución del equipo como única alternativa si los mantenimientos no mejoran la disponibilidad.

2.1.5. Tipos de mantenimiento

2.1.5.1. Mantenimiento preventivo

Dounce (2007) lo define como “actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos”. Este tipo de mantenimiento es programable y su objetivo es evitar una falla o parada inesperada del equipo. Generalmente comprende tareas de limpieza, lubricación, inspección, lubricación y ajuste. Dounce ubica dentro del mantenimiento preventivo todas las acciones de mantenimiento que se realizan antes que ocurra una falla como son como el predictivo, analítico, progresivo y técnico.

2.1.5.2. Mantenimiento predictivo

También llamado mantenimiento bajo condición, es el “sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipo” (Dounce, 2007). En este tipo de mantenimiento el equipo se somete a actividades de control de manera continua o a intervalos cuando el equipo está en funcionamiento; las actividades de control son actividades continuas utilizando instrumentos como termógrafos, equipos de análisis vibracional y otros transductores que permiten detectar una posible falla antes que produzca; basándose en los resultados se planifican o realizan acciones de reparación tan pronto como sea posible (Amendola, 2012). Su implementación es costosa pero su operación es económica con un alto grado de fiabilidad.

2.1.5.3. Mantenimiento correctivo

De acuerdo a Amendola (2012) el mantenimiento correctivo son reparaciones que se efectúan deteniendo el proceso de producción y tienen dos orígenes: a) reparaciones detectadas en el mantenimiento preventivo o predictivo, estas tareas se pueden programar de acuerdo a la disponibilidad del área de producción. b) Reparaciones que se realizan como consecuencia de un fallo imprevisto; estas reparaciones generalmente se realizan de emergencia ya que generan interrupciones no programadas en los procesos de producción.

2.1.5.4. Mantenimiento en uso

García (2003) lo define como un tipo de mantenimiento básico que puede ser realizado por personal de mantenimiento o por los usuarios de las máquinas. Son tareas elementales como toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación y ajuste de

tornillos. Para realizar estas tareas no es necesario una formación técnica sino un breve entrenamiento. Este mantenimiento es la base del TPM (Mantenimiento productivo total)

2.1.6. Tácticas de Mantenimiento

Las tácticas son las diferentes maneras en que las empresas administran y ejecutan las acciones de mantenimiento en sus plantas de una manera coherente, lógica y sistémica; adoptar una táctica supone la existencia de normas y reglas que dirigen las acciones y tareas de mantenimiento (Mora; 2009). Entre las tácticas más conocidas tenemos: TPM, RCM, TPM y RCM combinados, PMO, proactiva, reactiva, clase mundial, por objetivos, etc. No se puede determinar qué táctica es mejor que otras puesto que cada una es útil según las circunstancias de la empresa donde se implemente.

2.1.6.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Desarrollado en Japón después de la Segunda Guerra Mundial cuando las industrias japonesas determinan que para competir con los productos del mercado internacional debe mejorar la calidad de sus productos, es así que importan técnicas de manufactura y de administración y las adaptan a sus sistemas industriales incorporando otros conceptos como mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, etc. Definido como el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados se basa en la premisa que la mejora de los equipos debe involucrar a todos los integrantes de una empresa, desde los operadores hasta la alta dirección. El objetivo principal del TPM es preservar y utilizar los equipos manteniéndolos en su estado base o de referencia aplicando mejora continua.

Los pilares del TPM son:

- Mejoras enfocadas - Kobetsu Kaisen (aumentar la eficiencia en los procesos y equipos)
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado o progresivo
- Mantenimiento de calidad
- Prevención del mantenimiento
- Mantenimiento en áreas administrativas
- Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación

El TPM emplea principalmente acciones correctivas, preventivas, modificativas y pocas veces las predictivas; es la base de otras tácticas como el RCM o el mantenimiento proactivo pero puede presentar limitaciones cuando se tiene equipos de alta tecnología, en estos casos recomiendan combinarla con el RCM (Mora, 2009).

Figura N° 5. Etapas de implementación del TPM

ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	1	Compromiso de la alta gerencia	ETAPA INICIAL
	2	Campaña de difusión del método	
	3	Definición del comité, nombramiento de responsables y formación de grupos	
	4	Política Básica y metas	
	5	Plan piloto	
	6	Inicio de implementación	ETAPA IMPLEMENTACIÓN
	7	Kobetsu - Kaisen (Mejoras enfocadas)	
	8	Mantenimiento autónomo	
	9	Eficacia de equipos	
	10	Establecimiento de sistema: Eficiencia global	
	11	Establecimiento de sistema: Seguridad, higiene y ambiente agradable	
	12	Aplicación plena del TPM	ETAPA CONSOLIDACIÓN

Fuente: Dounce (2009)

2.1.6.2. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El RCM es una “técnica de organización de las actividades y de la gestión de mantenimiento para desarrollar programas que se basan en la confiabilidad de los equipos en función de su diseño y construcción” (Mora, 2009). Esta técnica fue desarrollada por John Moubray en los años 80 a partir de un informe presentado para preparar programas de mantenimiento para la industria aeronáutica y es definida formalmente como el “proceso que se usa para determinar qué se debe hacer para asegurar que un activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional actual” (Moubray, 2004).

Los objetivos del RCM son:

- Eliminar las averías de las máquinas
- Minimizar los costos de mano de obra por reparaciones debido a la eliminación de fallas de las máquinas
- Anticipar y planificar las necesidades de mantenimiento

- Participación coordinada de los departamentos de producción y mantenimiento para programar y mantener la capacidad de producción de la planta.

El RCM es una táctica procedimental que basa en el permanente cuestionamiento de las actividades de mantenimiento y sigue un proceso lógico, coherente y normativo. El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos (activos) que lo componen. Primero se debe saber qué tipo de activos existen en la empresa y cuáles son los que van a estar incluidas en el proceso de revisión del RCM para después formular las siguientes preguntas acerca de los equipos seleccionados:

- ¿Cuál es la **función** del equipo en su ambiente operacional?
- ¿Cuál es la **falla funcional**? (razones por la que el equipo deja de hacer lo que el usuario quiere que haga)
- ¿Cuál es el **modo de falla**? (eventos que causan una falla)
- ¿Cuál es el efecto de la falla? (¿qué ocurre cuando la falla se produce?)
- ¿Cuál es la consecuencia de la falla? (razones por la que las fallas son importantes)
- ¿Cómo se puede predecir, prevenir o eliminar cada falla?
- ¿Qué acciones se deben ejecutar para controlar la falla cuando no pueda prevenirse? (“ acciones a falta de”)

Figura N° 6. Etapas de Implementación del RCM

PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM	
1	Formación del equipo natural de trabajo
2	Selección y definición de las áreas y equipos donde se implementará el RCM
3	Definición de criticidad y selección de los elementos críticos
4	Análisis de las fallas funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones
6	Realización del AMEF para determinar los modos de fallos (causas) de cada falla funcional
7	Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión)
8	Asigna estrategia y recursos para el plan general de priorización asignado en base al RPN y los costos / beneficios asociados en cada modo de falla.

Fuente. (Moubray 2004)

Cuando el RCM es aplicado correctamente produce los siguientes beneficios:

- Mayor seguridad y protección del entorno debido a la revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional y a las estrategias para prevenir los modos de falla que pueden afectar la seguridad.

- Mejores rendimientos operativos debido a un diagnóstico más rápido de las fallas y a intervalos más largos entre las revisiones y en algunos casos la eliminación completa de estas.
- Mejor control de los costos de mantenimiento debido a la reducción del mantenimiento rutinario innecesario y a la menor necesidad de personal experto porque todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta.
- Más larga vida útil de los equipos debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.

El RCM utiliza no solo los cuatro tipos de acciones (correctivas, modificativas, predictivas, preventivas) sino también la mayoría instrumentos avanzados de orden técnico. (Moubray, 2004)

2.1.6.3. Mantenimiento Proactivo

El mantenimiento proactivo es una táctica dirigida a la detección y la corrección de las causas que generan el desgaste y generan la falla de las máquinas. El tiempo de vida de los componentes de un sistema depende de que los parámetros de causa de falla (desviaciones) sean mantenidos dentro de los límites aceptables utilizando prácticas de detección y corrección. El aumento de la vida de los equipos y la disminución de las tareas de mantenimiento se logran con el empleo de diagnóstico y tecnologías predictivas. En esta táctica el personal de mantenimiento lleva estadísticas sobre los equipos que son monitoreados para detectar la causa raíz de una falla que se traduce en degradación del material o pérdida del rendimiento.

El principal objetivo del mantenimiento proactivo es identificar y eliminar las causas básicas, inmediatas y raíces de las fallas. El operario debe revisar todos los parámetros de la máquina para determinar la estabilidad de la máquina e identificar si existen condiciones de falla, por tanto requiere que el personal tenga un alto nivel de conocimiento y familiarización de la máquina. Además, el personal de mantenimiento debe conocer los principios de funcionamiento de las máquinas y debe ser entrenado para reconocer condiciones defectuosas de funcionamiento e identificar las causas raíces de una falla (Mora, 2009).

Figura N° 7. Pasos de aplicación de la táctica proactiva

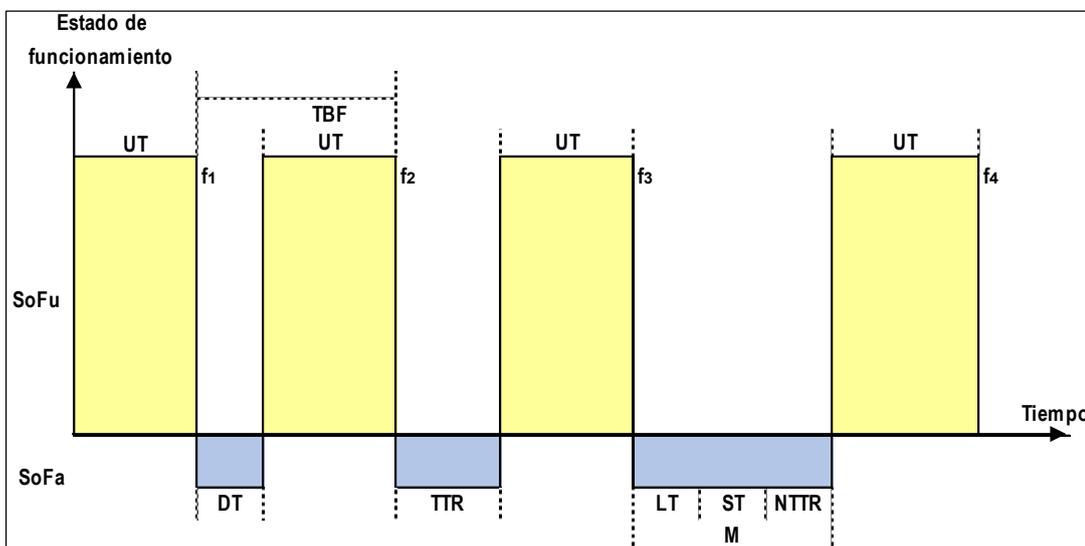
PASOS EN LA APLICACIÓN DE LA TÁCTICA PROACTIVA	
1	Establecimiento de un sistema de mantenimiento basado en confiabilidad y en el recurso humano con utilización intensiva de métodos predictivos y preventivos.
2	Diagnóstico y análisis de la causa raíz.
3	Mejora a través de indicadores clave de rendimiento (KPI)
4	Proceso de medición, revisión y monitoreo integral de la gestión y la operación industrial

Fuente: Mora (2009)

2.1.7. Indicadores de Mantenimiento

“Un indicador es la medida de la condición de un proceso en un momento determinado” (Amendola, 2012). Los indicadores son una expresión cuantitativa de un proceso que al ser comparadas con un nivel de referencia muestran una tendencia que permiten tomar decisiones para mantener o mejorar resultado del proceso de referencia. García (2007) remarca la importancia de no solo conocer el valor del indicador, sino que también se debe conocer registrar su evolución para conocer si la situación mejora o empeora (tendencia); también se debe fijar una meta para conocer si el resultado que se obtiene es bueno o malo.

Figura N° 8. Tiempos importantes



Fuente: Mora (2009)

- UT** Up Time = Tiempo útil en que el equipo funciona correctamente
- TBF** Time between Failures = Tiempo entre fallas
- DT** Down Time = Tiempo no operativo
- TTR** Time To Repair = Tiempo para reparar
- LT** Logistical Times = Tiempos logísticos o administrativos
- ST** Supply Times = Tiempo de suministro de repuestos, insumos o recursos humanos
- NTTR** Net Time To Repair = Tiempo neto para la reparación
- fn** Falla
- SoFa** State of Failure = Estado de falla
- SoFu** State of Functioning = Estado de funcionamiento normal
- M** Maintenance = Mantenimiento (correctivo o preventivo)

2.1.7.1. MTBF - Mean Time Before Failure (Tiempo Medio Entre Fallas)

Es el tiempo promedio que es capaz de operar un equipo o sistema a la capacidad requerida sin interrupciones dentro de un periodo.

$$MTFB = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{Número de fallas}}$$

2.1.7.2. MTTR – Mean Time To Repair (Tiempo Medio Para Reparar)

Es el tiempo promedio en que un equipo o sistema puede ser reparado. Se entiende como horas de fallos el tiempo que transcurrió desde que el equipo falló hasta que fue puesto nuevamente en servicio, esto significa que las horas de fallos es igual al tiempo por reparar.

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

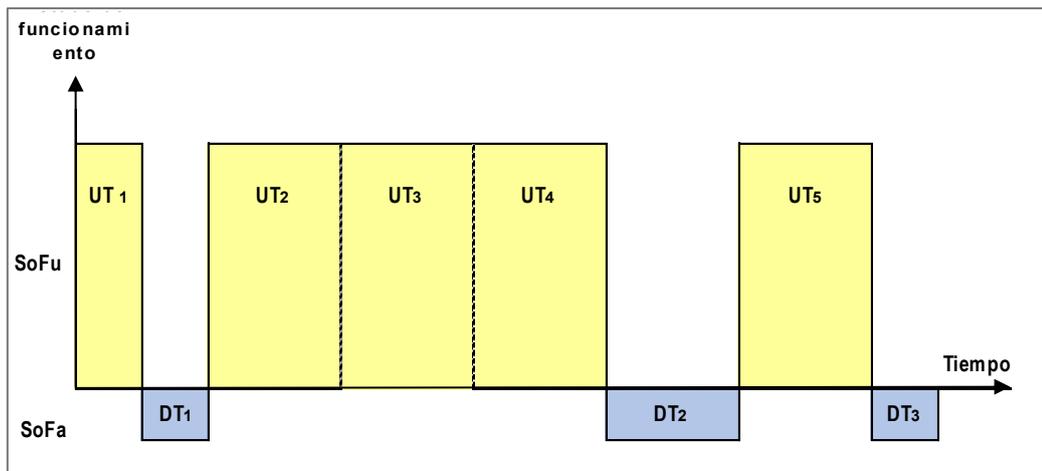
2.1.7.3. Disponibilidad

“Disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funciona satisfactoriamente en el momento en que sea requerido” (Mora, 2009). Existen varias maneras de obtener la disponibilidad de acuerdo a los datos que se tienen y los elementos que se desean controlar, los más usados son disponibilidad genérica y disponibilidad inherente. También existen dos modos de calcularlo de acuerdo a la exactitud de los datos que se esperan obtener, uno es el método de cálculos puntuales y el otro es usando distribuciones. Nosotros vamos a referirnos al método de los cálculos puntuales.

2.1.7.4. Disponibilidad Genérica

Es empleada en organizaciones que no requieren predecir sus indicadores y la información que tienen solo contemplan los tiempos útiles y los de no funcionamiento sin especificar causa, razón o tipo (Mora 2009).

Figura N° 9. Disponibilidad genérica



Fuente: Mora (2009)

$$\text{Disponibilidad genérica } D(g) = \frac{MUT}{MUT + MDT} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Como:

$$MUT = \frac{\sum UT}{N^{\circ} \text{ Fallas}} \quad \text{y} \quad MDT = \frac{\sum DT}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

Entonces:

$$D(g) = \frac{\sum UT}{\sum UT + \sum DT} = \frac{\sum UT}{\text{Tiempo Total}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

En plantas donde las máquinas están dispuestas por líneas de producción y en las que la falla de una máquina implica la parada de toda la línea se debe calcular la disponibilidad de cada línea y después obtener la media aritmética. En lugares donde los equipos no están dispuestos por líneas se debe definir los equipos significativos ya que calcular la disponibilidad de todos los equipos será tedioso y los valores obtenidos no serán valiosos. En estos casos se debe seleccionar los equipos que son importantes dentro del sistema productivo y calcular la disponibilidad de cada uno de ellos y después obtener la media aritmética para tener la disponibilidad total de la planta.

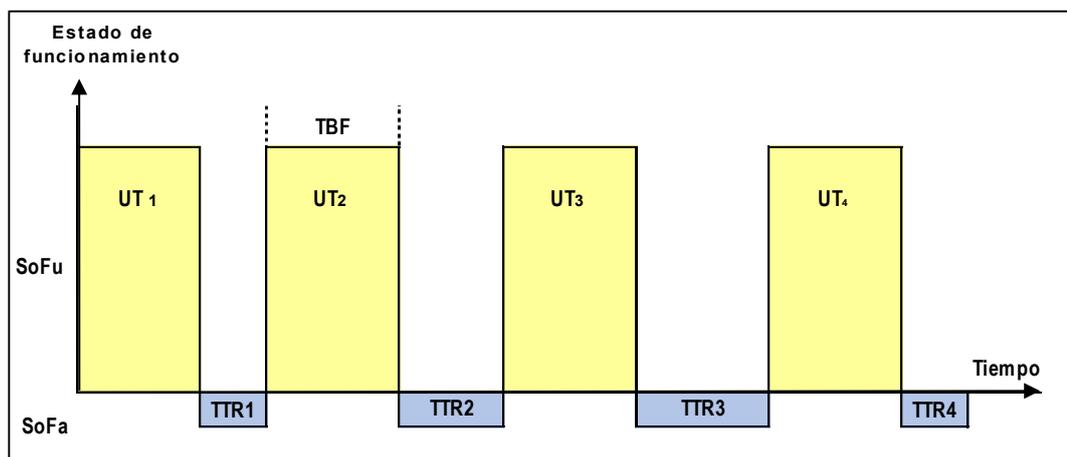
$$\text{Disponibilidad Total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad equipos significativos}}{N^{\circ} \text{ de Equipos significativos}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.1.7.5. Disponibilidad Inherente o Intrínseca

Se utiliza cuando se quiere controlar las actividades de mantenimiento no planeadas y solo toma en cuenta las paradas por averías. Sus parámetros son MTBF y MTTR. El MTTR

es el tiempo activo de reparación sin demoras y con todos los recursos logísticos disponibles al iniciarse la reparación. La disponibilidad inherente no contempla los mantenimientos programados. Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en el tiempo a los MTTR y que DT tienda a cero.

Figura N° 10. Disponibilidad inherente



Fuente: Mora (2009)

$$\text{Disponibilidad Inherente} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.1.7.6. Disponibilidad Alcanzada

Se usa cuando se necesita controlar las tareas de mantenimiento planeadas (predictivas, preventivas) y las correctivas por separado. No toma en cuenta los tiempos de espera logísticos ni administrativos. Usa como parámetros de cálculo MTBMP (promedio de tiempo entre mantenimientos preventivos), MTBMC (promedio de tiempo entre mantenimientos correctivos), MTTR, etc.

2.1.7.7. Disponibilidad Operacional

Empleada cuando se quiere controlar los tiempos de demora administrativa o de recursos físicos o logísticos; también considera las actividades de mantenimiento planeadas y no planeadas. Es precisa pero exigente y metódica para su predicción. Utiliza los mismos parámetros que la disponibilidad alcanzada más los correspondientes a demora: ADT y LDT

2.1.7.8. Disponibilidad Operacional Generalizada

Se utiliza cuando con equipos que no operan de forma continua o con tiempos de funcionamiento en que no producen (por ejemplo un compresor de aire al mínimo). Trabaja con los mismos parámetros que la disponibilidad operacional pero a los tiempos de funcionamiento sin producción se les debe agregar los tiempos útiles más cercanos en fecha. Es la más compleja y completa de las disponibilidades pero la más exigente y costosa de implementar (Mora 2009)

2.1.7.9. Confiabilidad

Es la probabilidad de un activo o componente desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. También se define como la probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

$$R(t) = e^{-\gamma t}$$

Donde:

t = periodo considerado

γ = tasa de fallas

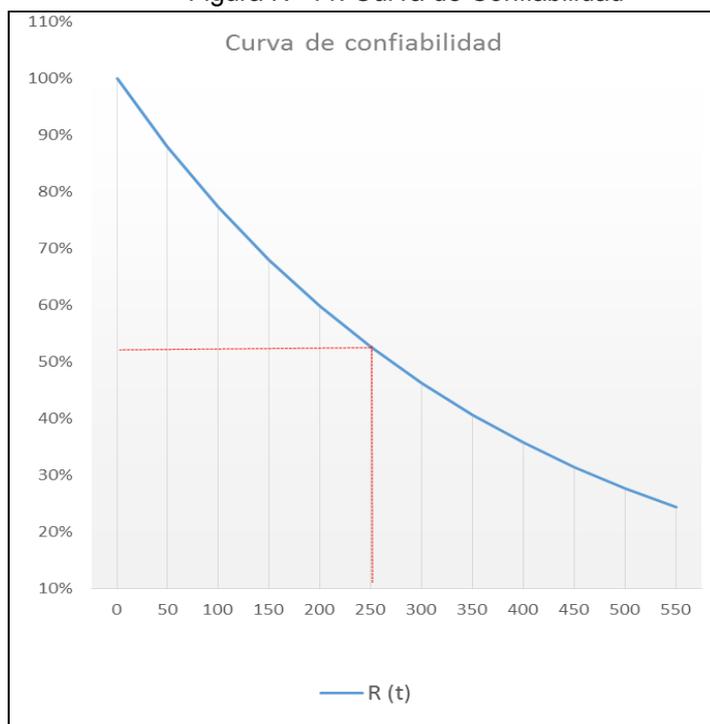
$$\gamma = \frac{1}{MTBF}$$

La confiabilidad está relacionada con la calidad de un producto; la calidad se define cualitativamente como la cantidad de satisfacción de los requerimientos de los usuarios. La confiabilidad expresa por cuánto tiempo el producto estará en funcionamiento después de entrar en operación. Una baja calidad de un producto implica disminución de su calidad y una alta calidad implica confiabilidad elevada.

La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo t en un periodo total, se puede interpretar como la probabilidad de confiabilidad o supervivencia de un equipo después que transcurre un tiempo t (Mora, 2009).

En la figura N° 11 para $R(250)$ se expresa que la probabilidad que un elemento dure 250 horas sin fallar es de 52.6%

Figura N° 11. Curva de Confiabilidad



$$R(t) = e^{-\gamma t}$$

$$\text{Disp} = 93.51 \%$$

$$\text{MTBF} = 194.5$$

$$\lambda = 0.005141$$

$$R(250) = e^{-(0.0051)(250)}$$

$$R(250) = 52.6\%$$

Fuente: Elaboración propia

2.1.7.10. Mantenibilidad

Se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos. La mantenibilidad se mide en los tiempos empleados en las diferentes reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento necesarios para retornar a un equipo a su estado de normalidad y funcionalidad (Mora, 2009).

2.2. Definición de términos básicos

Descarga de contenedores: operación en la que se traslada contenedores con mercancías de importación desde las instalaciones del operador portuario a un almacén temporal o terminal extraportuario.

Embarque de contenedores: operación en la que se traslada contenedores con mercancías de exportación desde un almacén temporal o terminal extraportuario hacia las instalaciones del operador portuario para ser embarcados en una nave.

Recepción de contenedores: operación en que se recibe carga de exportación para las inspecciones y trámites que determine la autoridad aduanera antes que la declare apta para ser embarcada.

Despacho de contenedores: operación en que se entrega carga de importación previa autorización de la autoridad aduanera.

Sobrecostos: montos que la empresa debe pagar por traslados o servicios en el puerto que no han sido previstos y que no son asumidos por el cliente.

Penalidades: montos que los operadores portuarios cobran por ingresar carga de exportación fuera del horario establecido y que generalmente no son asumidos por el cliente.

Multas: sanciones pecuniarias que impone Aduanas por errores o retrasos en la documentación y por incumplimiento de los procedimientos establecidos.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. Desarrollo el Objetivo 1: Descripción y diagnóstico de la empresa

A continuación se describirá las actividades principales que se llevan a cabo en los locales de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC principalmente en sus dos almacenes de contenedores; asimismo se diagnosticará el estado de los equipos relacionados directamente con las operaciones.

3.1.1. Descripción de las actividades de la empresa

Terminales Portuarios Peruanos (TPP) tiene cuatro locales donde se distribuyen las actividades de sus diferentes unidades de negocios:

- **Terminal Gambetta 1.** Ubicado en la Av. Néstor Gambetta, ocupa un área de 60,000 m². En este local funciona el almacén de contenedores de importación y exportación (conocido como almacén llenos). Las operaciones principales que se realizan en este local son:
 - Descarga de contenedores, ingreso de contenedores con carga de importación provenientes de las naves que arriban al puerto.
 - Embarque de contenedores, envío de contenedores con carga de exportación hacia el puerto para ser embarcados en las naves
 - Recepción de contenedores de exportación para los trámites aduaneros de pre embarque.
 - Entrega de contenedores de importación después de la autorización de Aduanas (despacho).
 - Almacenamiento de contenedores con carga refrigerada.

Todos los contenedores contemplados en las operaciones descritas son pesados al ingresar o salir del terminal en las dos balanzas de 80 TN. Los contenedores con carga refrigerada son conectados a tomas eléctricas de 440 VAC mientras dure su estadía en TPP; los contenedores refrigerados deben ser lavados cuando se asignan para exportación,

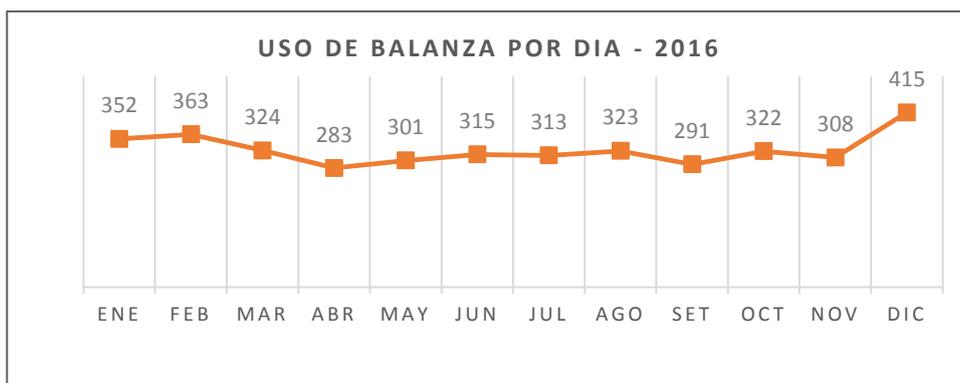
- **Terminal Gambetta 2.** Ubicado al costado del Terminal Gambetta 1, ocupa un área de 40,000 m². En este local funciona el almacén de contenedores vacíos y el almacén de carga suelta.
- **Oficina Buenos Aires.** Ubicado en la Av. Buenos Aires (Callao), ocupa 350 m² de oficinas de la unidad de negocios de Agenciamiento Marítimo.
- **Oficina Sáenz Peña.** Situada en un edificio en la Av. Sáenz Peña, ocupa 112 m² de oficinas de Facturación y Visto Bueno, la actividad principal es la atención al público en los trámites de importación o exportación de carga.

3.1.2. Diagnóstico de los equipos

3.1.2.1. Balanzas

En Gambetta 1 se cuentan con dos balanzas para camiones con capacidad de 80 TN, una de ellas está destinada para el pesaje de los camiones que ingresan y la otra para el pesaje de los camiones de salida. Cada balanza está constituida por una plataforma de acero y concreto que se ubica sobre ocho sensores digitales (celdas de carga) marca HBM que capturan el peso de los vehículos y su carga y lo convierten en señales digitales que son enviadas a una PC a través de un adaptador 486 / RS 323. A diferencia de otras marcas de balanzas, los sensores HBM no están conectados a un indicador de peso (display) y requieren de un software llamado TRADE instalado en un computador donde se muestra el peso; desde el TRADE el peso es capturado por un aplicativo desarrollado para los procesos de la empresa llamado SITAC. Las balanzas funcionan las 24 horas del día, todos los días de la semana; el promedio diario de camiones que se pesan en cada balanza fue de 217 por día el año 2016.

Figura N° 12. Uso de balanza



Fuente: Elaboración propia

Al ser equipos electrónicos, las celdas de carga tienen una mínima tasa de fallas, las que se presentan son como consecuencia de la comunicación de los sensores con la PC (error de comunicación) o con la presencia de objetos extraños en la plataforma que impiden su libre oscilación (alteración de peso).

El buen funcionamiento de las balanzas es importante porque el peso de la carga es enviado en la documentación que se remite a Aduanas y a los clientes, este peso debe coincidir con los obtenidos en las balanzas del puerto o del cliente (un margen de error de 0.2% es aceptable). Cuando una balanza es cerrada por un mal funcionamiento o reparación, todo el flujo de camiones es derivado por la otra balanza creándose una congestión de vehículos en el interior y exterior del terminal. Por normativa de Aduanas las balanzas deben ser calibradas y certificadas por una empresa acreditada cada seis meses, los proveedores recomiendan que después de cada mantenimiento las balanzas deben ser calibradas.

3.1.2.2. Lavado de contenedores

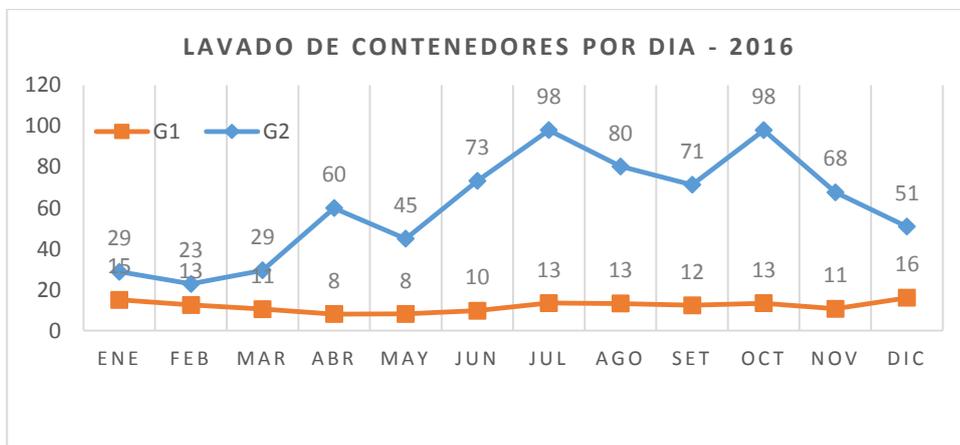
Los contenedores refrigerados son lavados en el local de Gambetta 1, deben lavarse con detergentes biodegradables antes que sea llenado con un producto perecible en la planta de un cliente o en las instalaciones de TPP. Como las cargas de estos contenedores generalmente son alimentos (cebolla, espárragos, naranja, palta, etc), los productores tienen estrictos controles de calidad que muchas veces han rechazado contenedores que consideran que no han sido adecuadamente lavados.

En Gambetta 2 se realiza el lavado de contenedores vacíos que son devueltos por los importadores; el lavado se realiza solo cuando los contenedores están sucios o a solicitud de un cliente de carga para exportación.

Los dos almacenes de contenedores no tienen suministro de agua de la red pública de SEDAPAL y el agua se compra a cisternas para luego ser bombeada por un sistema de presión constante hasta la zona de lavado de contenedores refrigerados y a las instalaciones de la empresa en el caso de Gambetta 1. En la zona de lavado se utilizan máquinas hidrolavadoras de alta presión (150 bar) que requieren que el agua ya tenga una presión mínima (3 a 6 bar) para funcionar correctamente.

El promedio diario de contenedores lavados el año 2016 fue de 12 en Gambetta 1 y 60 en Gambetta 2.

Figura N° 13. Cantidad de contenedores lavados



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.3. Tomas eléctricas para refrigerados

Los contenedores refrigerados deben ser conectados a tomas eléctricas de 440 VAC para mantener la carga perecible a la temperatura programada. En Gambetta 1 se cuentan con 192 tomas eléctricas industriales para ese fin que están conectadas a cuatro sub estaciones de 400 KVA cada una. Si alguna sub estación no estuviera disponible se debe alquilar grupos electrógenos que tienen capacidad de conexión de 32 a 48 contenedores refrigerados (power packs) a un costo de \$580 por ocho horas.

El promedio diario de contenedores conectados a las tomas eléctricas el año 2016 fue de 80 refrigerados.

Figura N° 14. Sub estación 400 KVA



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.4. Disponibilidad

El año 2016 se registraron las horas de no funcionamiento de los diversos equipos ya que se debía entregar indicadores mensuales al Sistema Integrado de Gestión SIG debido a que la empresa tiene certificación de calidad ISO 9001 y BASC (comercio seguro). En este registro solo se consignaron las horas de parada por fallas y se consideraron todos los equipos que están relacionados con las operaciones, con la calidad del servicio y con la seguridad física y ocupacional.

Como los registros de las horas de no funcionamiento de los equipos no diferencia las paradas por mantenimiento programado o por fallas corresponde calcular la disponibilidad genérica:

$$D(g) = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Se ha empleado la siguiente fórmula para calcular la disponibilidad de cada equipo o sistema (ver 2.1.7.4 Disponibilidad genérica – ecuación 2)

$$D(g) = \frac{\sum UT}{Tiempo\ Total}$$

A manera de ejemplo se muestra el cálculo de disponibilidad efectuado el mes de enero 2016 a tres equipos:

Lavado de contenedores – Gambetta 1

Horas de funcionamiento al mes: 26 días en turnos de 8 horas

Tiempo no operativo (down time DT): 4 horas

Tiempo total = 8 x 26 = 208 horas

Down time DT = 4 hrs

Tiempo útil (up time UT) = 208 – 4 = 204 hrs

$$D(g) = \frac{\sum UT}{Tiempo Total} = \frac{204 \text{ hrs}}{208 \text{ hrs}} \times 100\%$$

$$D(g) = 98.1 \%$$

Lavado de contenedores – Gambetta 2

Horas de funcionamiento al mes: 26 días en turnos de 8 horas

Tiempo no operativo (down time DT): 12 horas

Tiempo total = 8 x 26 = 208 horas

Down time DT = 12 hrs

Tiempo útil (up time UT) = 208 – 12 = 196 hrs

$$D(g) = \frac{\sum UT}{Tiempo Total} = \frac{196 \text{ hrs}}{208 \text{ hrs}} \times 100\%$$

$$D(g) = 94.2 \%$$

Balanzas 80 TN – Gambetta 1

Balanza de ingreso

Horas de funcionamiento al mes: 24 horas, 30 días

Tiempo no operativo (down time DT): 24 horas

Tiempo total = 24 x 30 = 720 horas

Down time DT = 24 hrs

Tiempo útil (up time UT) = 720 – 24 = 696 hrs

$$D(g) = \frac{\sum UT}{Tiempo Total} = \frac{696 \text{ hrs}}{720 \text{ hrs}} \times 100\%$$

$$D(g) = 96.7 \%$$

Balanzas 80 TN – Gambetta 1

Balanza de salida

Horas de funcionamiento al mes: 24 horas, 30 días

Tiempo no operativo (down time DT): 24 horas

Tiempo total = 24 x 30 = 720 horas

Down time DT = 8 hrs

Tiempo útil (up time UT) = 720 – 8 = 712 hrs

$$D(g) = \frac{\sum UT}{Tiempo Total} = \frac{712 \text{ hrs}}{720 \text{ hrs}} \times 100\%$$

$$D(g) = 98.9 \%$$

Calculando la disponibilidad total de las dos balanzas (ver 2.1.7.4 Disponibilidad genérica – ecuación 3)

$$Disponibilidad Total = \frac{\sum Disponibilidad equipos significativos}{N^{\circ} de Equipos significativos}$$

$$Disponibilidad Total = \frac{96.7\% + 98.9\%}{2}$$

$$Disponibilidad Total = 97.75 \%$$

A continuación se muestra el cuadro resumen de la disponibilidad de los equipos del 2016.

Tabla N° 1. Disponibilidad de sistemas y equipos 2016

DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - 2016

LOCAL	EQUIPO	MES												PROM EQU.
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
G1	Aire acondicionado (40 equip.)	100.0%	99.8%	99.1%	99.5%	98.0%	98.5%	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.6%	99.3%
	Lavado de contenedores	98.1%	100.0%	96.2%	84.6%	98.1%	96.2%	98.1%	100.0%	80.8%	89.4%	97.1%	92.3%	94.2%
	Balanzas 60 TN	97.8%	100.0%	100.0%	100.0%	93.3%	100.0%	98.9%	97.8%	100.0%	100.0%	97.8%	99.2%	98.7%
	Balanzas carga suelta	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	74.4%	96.7%	100.0%	100.0%	97.6%
	Sistema suministro de agua	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Sistema contra incendio	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Reflectores patio	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.9%	92.2%	93.3%	93.3%	96.1%	97.9%	98.9%	96.8%	97.3%
	Tomas eléctricas p/refrigerados	98.9%	98.9%	98.9%	98.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
	Ticketera	91.1%	90.1%	89.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.6%
SP	Aire acondicionado (3 equip.)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
BA	Aire acondicionado (3 equip.)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
G2	Aire acondicionado (3 equip.)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	Lavado de contenedores	94.2%	98.1%	87.5%	98.1%	84.6%	99.0%	100.0%	99.0%	80.8%	92.3%	100.0%	88.5%	93.5%
	Reflectores patio	87.5%	87.5%	84.4%	84.4%	84.4%	84.4%	65.6%	65.6%	84.7%	100.0%	84.4%	84.4%	83.1%
	PROMEDIO	97.7%	98.2%	96.8%	97.5%	96.9%	97.9%	96.8%	96.8%	94.1%	98.3%	98.4%	97.1%	

Fuente: elaboración propia

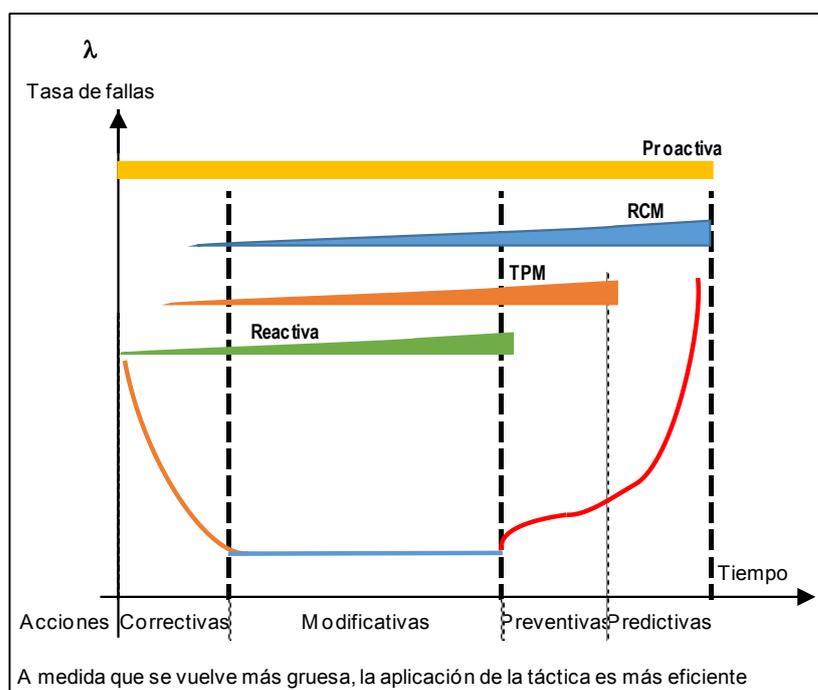
Los cuadros mensuales se pueden encontrar en el ANEXO 2. DISPONIBILIDAD MENSUAL.

3.1.3. Determinación del Plan de Mantenimiento

Como exponen Viveros, Barbera y Crespo en Propuesta de un modelo de gestión mantenimiento (2012), un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, es decir, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento (asociados con las pérdidas de producción). A su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo. El uso eficiente y económicamente conveniente de los activos durante su ciclo de vida permite una óptima definición del nivel de disponibilidad de los activos y/o procesos, teniendo como meta un nivel de producción, o bien un indicador económico financiero. La indisponibilidad de los sistemas (o equipos) genera costos de ineficiencia por no producción o por falta de servicio.

Una táctica de mantenimiento es elegida de acuerdo a las necesidades de una empresa,

Figura N° 15. Aplicación de las tácticas de mantenimiento



Fuente: Mora (2009)

Mora sostiene que la táctica elegida sea afín a los dos primeros niveles de mantenimiento (instrumental y operacional) y que la selección debe partir de la premisa de la fase en que se encuentran en la curva de la bañera los equipos importantes, las líneas de producción y la empresa en su conjunto.

Tabla N° 1. Además sostiene que toda empresa que cumpla los niveles I y II de mantenimiento tiene su propia táctica para desarrollar sus

actividades de gestión y operación de mantenimiento así no haya escogido de manera oficial alguna de las tácticas descritas.

Para determinar una estrategia o plan de mantenimiento se debe tener en cuenta las siguientes características particulares de los equipos de Terminales Portuarios Peruanos (TPP):

- Al ser TPP una empresa de servicios, los equipos y maquinarias que sirven de apoyo para la actividad principal de la empresa (almacén de contenedores) no son numerosos ni tienen mayor complejidad.
- El área de Mantenimiento es de reciente creación y tiene el personal mínimo para tareas rutinarias que son mayoritariamente mantenimiento de la infraestructura administrativa (instalaciones eléctricas y sanitarias de oficinas).
- Tiene un plan de mantenimiento programado para los diferentes equipos que es ejecutado por terceros a solicitud de Infraestructura.
- Se tiene información básica no sistematizada (inventario, historial, etc) y de los tiempos de parada de los equipos principales.
- El área de Infraestructura está encargada de los todos los equipos ya sean que estén instalados en las oficinas o que cumplan una función de soporte a la actividad principal. Es así que se tiene que tener control y garantizar la operatividad de equipos tan diversos como aire acondicionado, proyectores multimedia, bombas de agua, sub estaciones eléctricas, etc.
- Los equipos están distribuidos en los cinco locales de la empresa y por la diversidad y cantidad se hace necesario tener un plan para tener control de su funcionamiento y de las acciones de mantenimiento.

“El Plan de Mantenimiento debe ser un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre modificaciones fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diferentes indicadores de gestión” (García, 2003)

La metodología escogida para la elaboración del Plan de Mantenimiento de Terminales Portuarios Peruanos SAC está basada en RCM (Mantenimiento Basado en la Confiabilidad) ya que presenta algunas ventajas con respecto a las otras tácticas como:

- Mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Estudio de las posibilidades de fallos de los equipos y el desarrollo de las acciones para evitarlas, ya sea se produzcan por causas intrínsecas del propio equipo o por actos personales.
- Elaboración de planes para garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros fijados. Los planes tienen programas de las acciones de mantenimiento;

procedimientos de operación y mantenimiento; modificaciones y mejoras posibles; determinación del stock de repuestos que se recomiendan se debe tener en planta.

3.2. Desarrollo el Objetivo 2 – Diseño del Plan de Mantenimiento

La metodología que se propone implementar en Terminales Portuarios Peruanos SAC tiene algunas diferencias con el RCM industrial ya que se ha simplificado para hacerla aplicable a la realidad de los equipos de TPP. Estos son los pasos que se han elegido para la implementación:

3.2.1. Inventario y codificación de todos los equipos

Los equipos deben estar listados de tal manera que se reflejen las relaciones de cada uno de ellos con los otros. Los equipos serán agrupados de acuerdo al local donde se ubican y al sistema al que pertenecen.

Tabla N° 2. Niveles para codificación

NIVEL I	LOCAL	Gambetta 1
		Gambetta 2
		TPP 3
		Ofic. Saenz Peña
		Ofic. Buenos Aires
NIVEL II	SISTEMA	Sub Estaciones Eléctricas
		Balanza 80 TN / Carga suelta
		Suministro de agua
		Lavado de contenedores
		Contra incendio
		Instalaciones eléctricas BT
NIVEL III	EQUIPOS	Bombas
		Hidrolavadoras
		Celdas de carga
		Transformadores
		Dispositivos de control
NIVEL IV	COMPONENTES	Impelentes, sellos
		Contactador
		Presostato, manómetro
		Compresor, motor

Fuente: elaboración propia

Es importante identificar cada uno de los equipos con un código para facilitar su localización, su referencia en órdenes de trabajo, para la elaboración de registros históricos, cálculo de

indicadores y control de costos. En este caso se está haciendo referencia a la ubicación del equipo, a qué sistema pertenece y el tipo de equipo.

También se están codificando los componentes de los equipos que se pueden reemplazar, en este caso se hace referencia al equipo y sistema a que pertenecen. El código de redundancia se usa cuando hay más de un mismo componente en un equipo.

Tabla N° 3. Codificación de equipos y componentes

Código de equipos

SIST	LOCAL	EQUIP	COR		
BC	1	PF	2	0	0

Código de componentes

SIST	LOCAL	EQUIP	COR	COM	RED
BC	1	PF	2	1	3

Fuente: elaboración propia

3.2.2. Determinación de la criticidad de los equipos

No todos los equipos de una planta tienen el mismo nivel de importancia, hay equipos cuya función están directamente relacionadas con la producción o actividad principal de la empresa, si estos fallan o dejan de funcionar impactan negativamente en la producción o en los servicios que prestan. Se utilizará una matriz de criticidad usada por Santiago García (2003)

En primer lugar debemos distinguir niveles de importancia o criticidad:

- **Equipos críticos.** Equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- **Equipos importantes.** Equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- **Equipos prescindibles.** Son los que tienen una incidencia escasa en los resultados. Su fallo implica una incomodidad, un cambio de escasa trascendencia o un costo adicional menor (García, 2003).

En segundo lugar debemos considerar la influencia que tiene una avería en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- **Operaciones.** Clasificaremos el equipo como A, B o C de acuerdo a cómo afecta una parada a las operaciones: parada total de la instalación, parada de una zona preferente pero con pérdidas asumibles o que no tenga influencia en la operación.
- **Calidad.** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del servicio o producto final, una influencia relativa que no es problemática o una nula influencia.

- **Mantenimiento.** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o un equipo con un costo medio en mantenimiento; o un equipo con bajo costo que normalmente no da problemas.
- **Seguridad y medio ambiente.** Una falla del equipo puede ocasionar un accidente muy grave ya sea para el medio ambiente o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de falla; es posible también que una falla del equipo pueda ocasionar un accidente pero la probabilidad de que eso ocurra es baja; por último puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

Tabla N° 4. Matriz de criticidad

	Seguridad y Medio Ambiente	Operaciones	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO (8 pts)	Puede originar accidente muy grave	Su parada afecta al Plan de Operaciones	Es clave para la calidad de los servicios	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de atrasos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)
B IMPORTANTE (4 pts)	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Afecta a las operaciones, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Operaciones)	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Costo medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C PRESCINDIBLE (2 pts)	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en las operaciones	No afecta a la calidad	Bajo costo de mantenimiento

Fuente: García (2003)

3.2.3. Modelos de mantenimiento

En la práctica se comprueba que los equipos de una empresa son sometidos a los diversos tipos de mantenimiento conocidos (preventivo, correctivo, predictivo o en uso) dependiendo del tipo de falla, su función y el costo de ellos. García (2003) nombra a la mezcla de tareas de los diversos tipos de mantenimiento como *modelos de mantenimiento* y los define como “la mezcla de los tipos

de mantenimiento en unas proporciones determinadas y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto” y los clasifica en cuatro:

3.2.3.1. Modelo correctivo

Se aplican a equipos con el más bajo nivel de criticidad, sus fallas no representan mayores problemas económicos ni técnicos y no amerita dedicar grandes recursos y esfuerzos. Las tareas previstas en este modelo son las siguientes:

- Inspecciones visuales
- Limpieza, ajustes y/o lubricación
- Reparación de fallas

3.2.3.2. Modelo condicional

Este modelo es aplicado a equipos de poco uso o a equipos que son importantes en las actividades de la empresa pero que su probabilidad de falla es baja. Incluye las tareas del modelo correctivo más pruebas y ensayos que determinan una intervención:

- Inspecciones visuales
- Limpieza, ajustes y/o lubricación
- *Mantenimiento condicional*
- Reparación de fallas

3.2.3.3. Modelo sistemático

Además de las tareas del modelo condicional incluye tareas que se realizan periódicamente sin importar la condición del equipo. Se aplican en equipos de disponibilidad media, que tienen cierta importancia en los procesos productivos y cuyas fallas pueden ocasionar trastornos:

- Inspecciones visuales
- Limpieza, ajustes y/o lubricación
- *Mantenimiento preventivo sistemático*
- Mantenimiento condicional
- Reparación de fallas

Un equipo sujeto a este modelo puede tener tareas sistemáticas sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado; en los dos modelos anteriores debe presentarse algún síntoma de falla para efectuar alguna tarea.

3.2.3.4. Modelo de alta disponibilidad

Se aplica en equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería debido al gran impacto en la producción y deben tener una disponibilidad muy alta. Con esta exigencia se deben emplear técnicas de mantenimiento predictivo para conocer el estado del equipo en operación y programar las paradas para una revisión completa a una frecuencia anual o superior; en esta parada se deben cambiar las piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de falla antes de dos años.

- Inspecciones visuales
- Limpieza, ajustes y/o lubricación
- Reparación de fallas
- Mantenimiento condicional
- Mantenimiento sistemático
- *Parada para mantenimiento integral (puesta a cero)*

3.2.4. Determinación de las fallas funcionales y técnicas de los equipos

Una falla funcional es aquella que impide al equipo cumplir la función requerida. Para determinarlo solo se tiene que definir la función que cumple el equipo y definir la falla como la antifunción. Por ejemplo el fallo funcional de una máquina hidrolavadora es que no proporciona agua presurizada.

Una falla técnica es aquella que, aunque no impide que el equipo impida su función, supone un funcionamiento anormal que pueden ocasionar una degradación acelerada y terminar de convertirse en una falla funcional. En el ejemplo de la máquina hidrolavadora, las fallas técnicas pueden ser: agua con menos presión, fuga de agua en las conexiones, sonido anormal del motor.

3.2.5. Determinación de los modos de fallos funcionales y técnicos

Los modos de fallo son las causas que originan las fallas. Volviendo al ejemplo de la hidrolavadora, los modos de fallo pueden ser los siguientes: bomba de presurizado no funciona, mal ajuste de las conexiones, componentes internos del motor desgastados.

3.2.6. Clasificación de las fallas según sus consecuencias

RCM propone un análisis minucioso de la gravedad de cada falla y de sus consecuencias asignándole un valor numérico de manera que la importancia de cada falla pueda ser cuantificada. El que se propone es más sencillo y efectivo, ya que se determinan las consecuencias de las fallas para decidir si la falla debe ser evitada (cuando las consecuencias de la falla sean inadmisibles) o tan solo disminuir sus efectos, de manera que estos sean mínimos cuando se produzcan.

Evitar una falla es más costosa que minimizar sus efectos, por lo que la primera clasificación debe asignarse a aquellas fallas cuyas consecuencias tienen un costo muy alto.

3.2.7. Determinación de medidas preventivas

Cuando ya se conocen los modos de fallo de los equipos o sistemas se deben determinar las medidas preventivas que permitan evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las acciones preventivas son de cuatro tipos:

3.2.7.1. Tareas de mantenimiento

Acciones a realizar para conseguir el objetivo de evitar la falla o minimizar sus efectos; pueden ser de los siguientes tipos:

Tipo 1: Inspecciones visuales y lubricación

Tipo 2: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line), es la toma de datos de parámetros de funcionamiento con los medios de los que dispone el equipo como son verificaciones de alarma, presión, temperatura, etc. Se debe conocer los rangos que se consideran normales, si se detecta alguna anomalía se debe intervenir el equipo de acuerdo a un procedimiento establecido.

Tipo 3: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos externos al equipo, pueden ser con instrumentos sencillos como pinzas amperimétricas, multímetros, termómetros, vibrómetros, etc. o con instrumentos complejos como termógrafos, analizador de vibraciones, etc.

Tipo 4: Limpiezas técnicas y ajustes condicionales, dependiendo del estado y síntomas del equipo.

Tipo 5: Limpiezas técnicas y ajustes sistemáticos, realizadas cada cierto tiempo sin importar cómo se encuentra el equipo.

Tipo 6: Sustitución sistemática de piezas, por horas de servicio o fecha de calendario, sin comprobar su estado.

Tipo 7: Grandes revisiones, con la sustitución de todas las piezas sometidas a desgaste.

Una vez determinados los modos de fallo se debe determinar qué tareas de mantenimiento podrían evitar o minimizar los efectos de un fallo. Como se ha asignado el modelo de mantenimiento a un equipo, se puede seleccionar las tareas posibles:

- Modelo Correctivo: tareas tipo 1 y 2
- Modelo Condicional: tareas tipo 3 y 4
- Modelo Sistemático: tareas tipo 5 y 6
- Modelo Alta Disponibilidad: tareas tipo 7

3.2.7.2. Mejoras y/o modificaciones de la instalación

Algunos fallos pueden prevenirse fácilmente modificando la instalación o introduciendo mejoras que pueden ser de los siguientes tipos:

- Cambios en los materiales, cambio en la calidad de los materiales que se emplean sin cambiar el diseño de las piezas.
- Cambios en el diseño de una pieza
- Instalación de un dispositivo de detección, para evitar que el equipo funcione en condiciones que puedan ser perjudiciales.
- Cambios en el diseño de una instalación
- Cambios en las condiciones externas al equipo

3.2.7.3. Cambios en los procedimientos de operación

Suele suceder que algunos equipos presentan problemas por una deficiente operación por lo que es conveniente un cambio en los procedimientos, esta medida es la más barata y eficaz contra las averías.

3.2.7.4. Cambios en los procedimientos de mantenimiento

Algunos fallos se producen porque algunos trabajos del personal de mantenimiento no se han realizado correctamente. Los procedimientos deben indicar cómo se deben realizar determinadas tareas tener los datos más relevantes (tolerancias, ajustes, etc)

3.3. Desarrollo el Objetivo 3 – Aplicación del Plan de Mantenimiento en TPP

3.3.1. Descripción de los equipos y sistemas

El área de Infraestructura está a cargo del buen funcionamiento de los equipos y sistemas que tiene la empresa en sus cinco locales; ellos incluyen los equipos para las operaciones de los almacenes de contenedores y carga suelta y los que se encuentran en las oficinas y ambientes de la empresa (equipos de aire acondicionado, proyectores multimedia, estabilizadores, UPS, hornos micro ondas, etc).

Tabla N° 5. Equipos a cargo de Infraestructura

COD	SISTEMAS / EQUIPOS	UBICACIÓN				
		G1	G2	TPP3	BsAs	SP
SE	SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS	6				
BC	BALANZA 80 TN	2	1	1		
SA	SUMINISTRO DE AGUA	1	1	1		
LC	LAVADO DE CONTENEDORES	1	1			
CI	CONTRA INCENDIO	1				
IE	INSTALACIONES ELÉCTRICAS BT	6	3	1	1	1
AA	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	40	7	3	4	3
EE	EQUIPOS ELÉCTRICOS / ELECTRÓNICOS	12	6		3	3
BS	BALANZAS CARGA SUELTA	2	1	1		

Fuente: elaboración propia

3.3.2. Inventario y codificación de todos los equipos

Se realizó el inventario y codificación de los equipos asignando códigos según la ubicación, los sistemas y el equipo.

Tabla N° 6. Asignación de códigos - Locales

CÓDIGO DE UBICACIÓN	
COD	LOCAL
0	Sin ubicación
1	Gambetta 1
2	Gambetta 2
3	TPP 3
4	Ofic. Saenz Peña
5	Ofic. Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7. Asignación de códigos – Equipos

SE - SUB EST. ELECTRICAS		IE - INST. ELÉCTRICAS BT		SA - SUMINISTRO AGUA	
COD	EQUIPO	COD	EQUIPO	COD	EQUIPO
TR	Transformador	ES	Estabilizador	VA	Variador
SC	Seccionador	TA	Transf. aislamiento	PL	PLC
EC	Dispositivo de control	UP	UPS	BA	Bomba de agua
				TH	T. hidroneumático

BA - BALANZAS 80 TN		AA - AIRE ACONDICIONADO		LC - LAVADO CONTENED.	
COD	EQUIPO	COD	EQUIPO	COD	EQUIPO
PF	Plataforma	AS	Equipo Split	BA	Bomba de agua
CG	Celda de carga	AV	Equipo Ventana	HL	Hidrolavadora
CR	Convertidor	AF	Equipo Fan Coil	PL	Pistola y lanza
DS	Indicador				

CI - CONTRA INCENDIO		EE - EQUIP. ELÉCTRICOS		CS - BZA. CARGA SUELTA	
COD	EQUIPO	COD	EQUIPO	COD	EQUIPO
TC	Tablero de control	HM	Horno micro ondas	PL	Plataforma pesaje
BA	Bomba de agua	RF	Refrigerador	DS	Indicador
VA	Válvula	DA	Dispensador de agua		
EC	Dispositivo de control	TE	Terma eléctrica		
		PM	Proyector multimedia		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8. Inventario y codificación de equipos

Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR	HP
SA	1	BA	1	BOMBA	SALMSON	MULTI-H804-XV-T/6	10773990	Agosto 2009	HIDROSTAL	
SA	1	BA	2	BOMBA	SALMSON	MULTI-H804-XV-T/6	038/29522	Agosto 2009	HIDROSTAL	
SA	1	BA	3	BOMBA (pozo subsuelo)	HIDROSTAL	B1.1/2X2	2007107150	Agosto 2009	COISA	3.4
SA	1	BA	4	BOMBA (dosificador Cloro)	CONCEPT PLUS	CNPA100PPB200AD	2007145176	Agosto 2009	COISA	
SA	1	TH	1	TANQUE HIDRONEUMATICO	CHAMPION (AMT ROL)	CH4202		Agosto 2009	HIDROSTAL	
SA	1	VA	2	VARIADOR DE FRECUENCIA	DANFOSS	VLT-2800		Agosto 2009	HIDROSTAL	
SA	1	PL	3	PLC	SIEMENS	LOGO				
LC	1	BA	1	BOMBA (pozo subsuelo)	PENTAX	US-120/3T		Agosto 2009	COISA	1.2
LC	1	BA	2	BOMBA (tanque elevado)	PENTAX	PH 45				0.5
LC	1	BA	3	BOMBA (tanque elevado)	CITY			Set 2013	COLD MOTORS	0.5
LC	0	HL	1	HIDROLAVADORA N° 1	KARCHER	HD 10/25 -4 S	N° 1	2011		
LC	0	HL	2	HIDROLAVADORA N° 2	KARCHER	HD 10/25 - S	48061	Agosto 2012		
LC	0	HL	3	HIDROLAVADORA N° 3	KARCHER	HD 10/25 -4 S	128610900-48777	Abril 2013	KVR3	
LC	2	BA	1	BOMBA (tanque elevado)	PEDROLLO	PK M 60		Abril 2013		0.5
LC	2	BA	2	BOMBA (pozo subsuelo)	PEDROLLO			Set 2013	CCJ	3
LC	2	BA	3	BOMBA (Tanque)	PEDROLLO			Set 2013	CCJ	3
CI	1	BA	1	BOMBA PRINCIPAL	WEG	Motor 6209-Z-C3 Bomba 6309-C3	1003547028	Agosto 2009	PREDEM	30
CI	1	BA	2	BOMBA JOCKEY	ESPA	PRISMA 25 4		Agosto 2012	MGC	2.5
CI	1	TC	1	TABLERO CONTROL				Agosto 2009	PREDEM	
Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR	CAP.
BC	1	PF	1	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL		2009	SUMINCO	80 TN
BC	1	PF	2	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL		2009	SUMINCO	80 TN
BC	2	PF	1	BALANZA 80 TN					RANSA	80 TN
BC	3	PF	1	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL			Villas Oquendo	
BC	1	CR	1	CONVERSOR	HBM	SC232/422B		2009	SUMINCO	
BC	1	CR	2	CONVERSOR	HBM	SC232/422B		2016	TOTAL WEIGHT	
BC	3	CR	1	CONVERSOR	HBM	SC232/422B			Villas Oquendo	
BC	2	DS	1	DISPLAY	RICE LAKE			2016	PRESITEC	
CS	1	DS	1	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 2 TN			PRESITEC	
CS	1	DS	2	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC	
CS	1	DS	3	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC	
CS	1	PF	1	PLATAFORMA 2 TN		Bza. 2 TN			PRESITEC	2 TN
CS	1	PF	2	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN			PRESITEC	5 TN
CS	1	PF	3	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN			PRESITEC	5 TN
CS	2	DS	4	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC	
CS	2	PF	4	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN		2017	PRESITEC	5 TN
Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR	CAP.
SE	1	TR	1	TRANSFORMADOR	CEA	160 KVA / 10 - 0.22 KV		2009	ELECIN	160 KVA
SE	1	TR	2	TRANSFORMADOR	CEA	50 KVA / 10 - 0.22 KV		2009	ELECIN	50 KVA
SE	1	TR	3	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN	400 KVA
SE	1	TR	4	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN	400 KVA
SE	1	TR	5	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN	400 KVA

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Análisis de los equipos: criticidad y modelo de mantenimiento

Se ubican los sistemas en la matriz de criticidad de acuerdo a las consecuencias en que tiene su no funcionamiento. Posteriormente se establece la criticidad de acuerdo a la siguiente valoración:

Crítico	8 puntos
Importante	4 puntos
Prescindible	2 puntos

Tabla N° 9. Análisis de criticidad

	Seguridad y Medio Ambiente	Operaciones	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO (8 pts)	Puede originar accidente muy grave	Su parada afecta al Plan de Operaciones SE - BC - LC	Es clave para la calidad de los servicios SE - LC	Alto costo de reparación en caso de avería SE
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de atrasos BC	Averías muy frecuentes LC
	Ha producido accidentes en el pasado		Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)	
B IMPORTANTE (4 pts)	Necesita revisiones periódicas (anuales) BC - SA - CI - IE BS - AA	Afecta a las operaciones, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Operaciones) IE - BS - SA	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático SA - IE - AA - BS CI	Costo medio en mantenimiento BC - SA - CI - AA
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas SE			
C PRESCINDIBLE (2 pts)	Poca influencia en seguridad LC - EE	Poca influencia en las operaciones CI - AA - EE	No afecta a la calidad EE	Bajo costo de mantenimiento IE - EE - BS

Fuente: García (2003) / Elaboración propia

Tabla N° 10. Ponderación de criticidad

Sistemas	Seguridad y M. A.	Operac.	Calidad	Mantenim.	TOTAL
SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS	4	8	8	8	2048
BALANZA 80 TN	4	8	8	4	1024
SUMINISTRO DE AGUA	4	4	4	4	256
LAVADO DE CONTENEDORES	2	8	8	8	1024
CONTRA INCENDIO	4	2	4	4	128
INSTALACIONES ELÉCTRICAS BT	4	4	4	2	128
EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	4	2	4	4	128
EQUIPOS ELÉCTRICOS / ELECTRÓNICOS	2	2	2	2	16
BALANZAS CARGA SUELTA	4	4	4	2	128

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11. Criticidad y modos de mantenimiento

CLASIFICACIÓN	MODO MANT.	PONDER.
Críticos	Alta disponibilidad	2048 a 4096
	Sistemático	512 a 1024
Importantes	Condicional	128 a 256
Prescindibles	Correctivo	16 a 64

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se determinan los sistemas críticos y los modos de mantenimiento.

Tabla N° 12. Criticidad y asignación de modelos de mantenimiento

COD	SISTEMAS / EQUIPOS	VALOR.	CLASIFIC.	MOD. MANTEN.
SE	SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS	2048	Crítico	Alta disponibilidad
BC	BALANZA 80 TN	1024	Crítico	Sistemático
LC	LAVADO DE CONTENEDORES	1024	Crítico	Sistemático
SA	SUMINISTRO DE AGUA	256	Importante	Sistemático
IE	INSTALACIONES ELÉCTRICAS BT	128	Importante	Condicional
BS	BALANZAS CARGA SUELTA	128	Importante	Condicional
AA	EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	128	Importante	Condicional
CI	CONTRA INCENDIO	128	Importante	Condicional
EE	EQUIPOS ELÉCTRICOS / ELECTRÓNICOS	16	Prescindible	Correctivo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la matriz de criticidad, los sistemas críticos y que serán objeto de atención prioritaria del Plan de Mantenimiento en este proyecto son:

- Las sub estaciones eléctricas

- Las balanzas de 80 TN
- Los equipos de lavado de contenedores

Paulatinamente se implementarán las acciones y actividades que correspondan a los equipos importantes como los equipos de suministro de agua, aire acondicionado, sistema contra incendio, etc.

3.3.4. Determinación de fallas y modos de falla

Tabla N° 13. Fallas y modos de falla

Sistema	Equipo	Tipo de falla	Descripción de la falla	Descripción del modo de falla	Clasificación	
LAVADO DE CONTENEDORES	Bomba de impulsión	Funcional	No impulsa agua	Ingreso de aire	Evitar	
				Falla eléctrica o del sensor de nivel	Evitar	
		Técnico	Fuga de agua	Conexiones sin ajustar	Minimizar	
				Sonido irregular	Componentes internos desgastados	Minimizar
	Hidrolavadora	Funcional	No hay presión	Contactador de arranque averiado	Evitar	
				Motor averiado	Evitar	
		Técnico	Poca presión	Bomba de presurizado no funciona	Minimizar	
				Sonido irregular	Componentes internos desgastados	Minimizar
			Falta de lubricación	Evitar		
BALANZA 80 TN	Celdas de carga	Funcional	No son reconocidas por el TRADE	Celda dañada	Evitar	
				Cableado de comunicación dañado	Evitar	
	Indicador (TRADE)	Funcional	No muestra peso	TRADE desconfigurado o inestable	Evitar	
				Técnico	Peso con plataforma vacía	Obstrucción en la plataforma
						Error de comunicación en el TRADE

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Determinación de medidas a adoptar

Conociendo los modos de falla (causas de las averías) se debe determinar las tareas de mantenimiento que se consideran aplicables, las posibles mejoras que se podrían realizar en la instalación, las indicaciones para el personal de operaciones y las instrucciones para mejorar las tareas de mantenimiento.

Se adjunta ficha de medidas que corresponden a la máquina hidrolavadora del sistema de lavado de contenedores.

Tabla N° 14. Medidas preventivas – Hidrolavadora KARCHER

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de operación	Procedimientos de mantenimiento
Contactor de arranque averiado	Inspección para detectar fugas de agua y evitar auto arranque (semanal)		Comunicar cuando hay fuga de agua en la pistola de lavado	Ajuste de acople o cambio de O' rings
Bomba externa de presurizado no funciona por ingreso de aire		Instalar control de bajo nivel de agua	No usar la hidrolavadora con bajo nivel de agua	
Componentes internos desgastados por oxidación (agua con minerales)	Cambio de filtro (quincenal)	Instalar sistema para "ablandar" el agua		
Falta de lubricación en el motor	Inspección para verificar nivel adecuado de lubricante de motor (semanal)		Inspección para verificar nivel adecuado de lubricante de motor (diaria)	

Fuente: Elaboración propia

3.4. Desarrollo el Objetivo 4 – Evaluación de los Resultados

Evaluar los resultados obtenidos con la implementación del plan de mantenimiento analizando los indicadores de disponibilidad de los años 2016 y 2017.

Se ha previsto que el Plan de Mantenimiento se implemente en Julio 2017, en los primeros meses se espera apreciar alguna mejora en la disponibilidad de los equipos; a partir de enero 2018 se debe evidenciar una mejora constante en los indicadores de mantenimiento por lo que los resultados proyectados son desde Enero 2018

A continuación se muestran los indicadores proyectados en tres sistemas críticos.

3.4.1. Lavado de contenedores

Los equipos principales para lavar contenedores son una máquina hidrolavadora y dos bombas que sirven para llenar el tanque de agua y presurizar el agua; la falla de algunos de estos equipos impide que se realice la actividad de lavado. Las fallas recurrentes son en las bombas en las conexiones de agua porque la máquina hidrolavadora es cambiada cada cuatro meses para que se realice mantenimiento preventivo y correctivo si fuese el caso.

Con el plan de mantenimiento se espera identificar las causas de los fallos y reducir las paradas para inspecciones y ajustes mensuales, además del mantenimiento de las bombas cada seis meses con la que la disponibilidad subiría a 98.24%

Tabla N° 15. Disponibilidad proyectada – Lavado de contenedores

DISPONIBILIDAD - LAVADO DE CONTENEDORES - GAMBETTA 1

AÑO 2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	2	4	2	4	2	8	2	4	2	4	2	8	3.67
TBF	206	204	206	204	206	200	206	204	206	204	206	200	204.50
DISP	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	98.24%

DISPONIBILIDAD -LAVADO DE CONTENEDORES - GAMBETTA 2

AÑO 2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	2	8	2	4	2	4	2	4	2	8	2	4	3.67
TBF	206	200	206	204	206	204	206	204	206	200	206	204	204.33
DISP	99.0	96.2	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	99.0	98.1	98.24%

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Balanzas de 80 TN

Las balanzas de 80 TN para camiones al ser equipos electrónicos tienen una disponibilidad relativamente alta; se proyecta que para el 2018 solo se debe parar para el mantenimiento y calibración cada seis meses y una verificación y limpieza de los bordes del foso al cuarto mes.

Tabla N° 16. Disponibilidad proyectada – Balanzas 80 TN

BALANZAS - GAMBETTA 1

2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	0	4	0	0	16	0	0	4	0	16	0	0	3.33
TBF	720	716	720	720	704	720	720	716	720	704	720	720	716.67
DISP	100.0	99.4	100.0	100.0	97.8	100.0	100.0	99.4	100.0	97.8	100.0	100.0	99.54%

Fuente: Elaboración propia

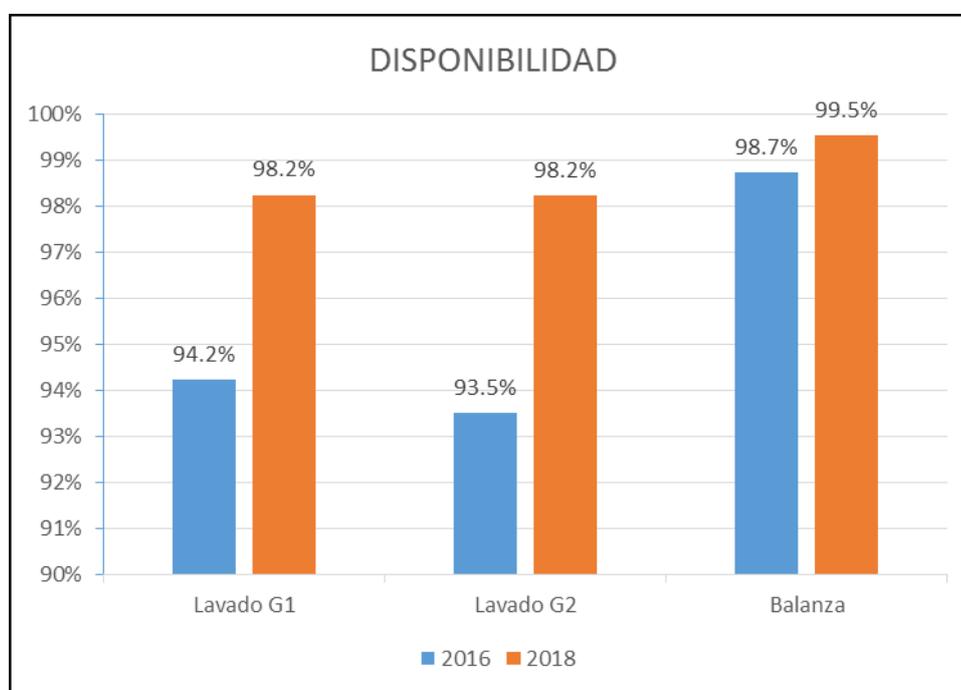
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1. Resultados

Como se indicó anteriormente, se están proyectando los resultados al 2018 cuando el plan de mantenimiento tenga más de seis meses de implementado, se espera tener el mínimo de paradas imprevistas y solo las paradas programadas necesarias lo que se reflejará en la mejora de los índices de disponibilidad.

En el siguiente cuadro se comparan los resultados de la disponibilidad del año 2016 con los proyectados para el 2018.

Tabla N° 17. Disponibilidad - Años 2016 y 2018



Fuente: Elaboración propia

4.2. Conclusiones

- Se propone un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de los almacenes de contenedores de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC el año 2017.
- El diagnóstico de los equipos y del área de mantenimiento de una empresa es importante para la elección de una metodología de mantenimiento acorde con las políticas y objetivos en relación a sus equipos y activos. Al ser Terminales Portuarios Peruanos SAC (TPP) una empresa de servicios no tiene maquinarias numerosas y complejas; los equipos con

que cuenta son de soporte a la actividad principal como sub estaciones eléctricas, balanzas y máquinas para el lavado de contenedores. La disponibilidad el año 2016 de los equipos relacionados con las operaciones fue de 93.5 % del sistema de lavado contenedores y de 98.7% de las balanzas para camiones; la no disponibilidad de los sistemas o equipos críticos generan retrasos en las operaciones y servicios que presta el terminal de contenedores de la empresa y pueden acarrear sobrecostos por penalidades y además reclamos y quejas de los clientes. El área de mantenimiento de TPP es de reciente formación y tiene un plan de mantenimiento básico que principalmente es el cumplimiento de actividades preventivas periódicas y tareas correctivas cuando ocurre una falla.

- El diseño de un plan o metodología de mantenimiento debe ceñirse a la situación y necesidades de la empresa. La aplicación de una táctica de mantenimiento puede estar alejada a la realidad de la empresa por lo que es válido combinar metodologías diferentes o tomar las acciones más convenientes de una de ellas. El plan de mantenimiento propuesto se basa en RCM II (Mantenimiento centrado en la confiabilidad); si bien esta metodología está desarrollada para industrias de gran tecnología como la aeronáutica, muchas de sus acciones pueden aplicarse a empresas con equipos de poca complejidad como TPP. El plan de mantenimiento que se propone tiene los siguientes pasos:
 - a) Inventario y codificación de los equipos
 - b) Determinación de la criticidad de sistemas y equipos
 - c) Determinación de los modelos de mantenimiento (tareas)
 - d) Identificación de las fallas de los equipos y sus causas
 - e) Clasificación de las fallas de acuerdo a sus consecuencias para determinar las acciones a seguir.
 - f) Establecer las medidas preventivas y tareas para evitar la recurrencia de las fallas
 - g) Identificar mejoras a las instalaciones si tienen relación con las fallas
 - h) Realizar cambios en los procedimientos de operación y de mantenimiento.
- Para la aplicación del plan de mantenimiento propuesto se realizó el inventario y codificación de los equipos, análisis de criticidad, determinación de las fallas de los equipos, sus causas y consecuencias; considerando los resultados se establecieron tareas y actividades para disminuir la recurrencia de fallas. El análisis de criticidad de los equipos de TPP determinó que los equipos críticos corresponden a los siguientes sistemas: sub estaciones eléctricas, lavado de contenedores y balanzas para camiones; la prioridad del plan propuesto es mejorar su disponibilidad. Inicialmente y de manera prioritaria se implementará el plan de mantenimiento a los equipos críticos;

posteriormente se determinarán las acciones y tareas para los equipos que según al análisis de criticidad son importantes.

- Existen gran cantidad de indicadores que permiten conocer el resultado cuantitativo de las acciones tomadas y su tendencia; estos indicadores facilitan la toma de decisiones para mejorar o mantener los resultados obtenidos. Uno de los indicadores de mantenimiento más usados es el de disponibilidad de equipos por la simplicidad de su cálculo y porque requiere de datos básicos; este indicador hace referencia a la capacidad de un sistema, equipo o componente de realizar una función requerida en un periodo determinado. En la evaluación de la aplicación del plan de mantenimiento basado en RCM en Terminales Portuarios Peruanos SAC se ha estimado que los indicadores de disponibilidad anual de los equipos críticos deben mejorar el año 2018 de la siguiente manera:

Lavado de contenedores Gambetta 1: de 94.2 % a 98.2%

Lavado de contenedores Gambetta 2: de 93.5 % a 98.2%

Balanza para camiones: de 98.7 a 99.5 %

4.3. Recomendaciones

- No siempre es conveniente aplicar al 100% una táctica de mantenimiento porque esta puede estar alejada de la realidad de una empresa, también se puede combinar dos metodologías o tomar las acciones más convenientes de una de ellas. Existe una premisa que indica que “más vale una metodología incompleta pero bien aplicada que una excelente metodología que no se puede aplicar”.
- Las tácticas o metodologías de mantenimiento (TPM, RCM II, mantenimiento proactivo) constituyen el 3° nivel del mantenimiento y se deben aplicar cuando las empresas ya han desarrollado y tienen experiencia en los dos primeros niveles: 1° Nivel instrumental (registros, técnicas básicas, etc); 2° Nivel Operacional (mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo).
- Es importante identificar cuáles son los equipos críticos de una empresa para direccionar los mayores recursos (en tiempo y dinero) en mantenerlos operativos.
- Se debe determinar los indicadores adecuados que permitan conocer el estado de los equipos considerando los factores que se necesitan medir y la complejidad de los equipos. Los indicadores requieren datos para su cálculo, se debe establecer los registros necesarios y consignarlos correctamente para que los indicadores reflejen el estado real de los equipos o procesos.

- Los objetivos previstos de plan o metodología de mantenimiento solo pueden lograrse si existe compromiso en todas las personas y áreas involucradas de una empresa: Dirección (asignación de recursos y responsabilidades), Mantenimiento (planificación y ejecución de las actividades), Producción (cumplimiento de las tareas encomendadas).

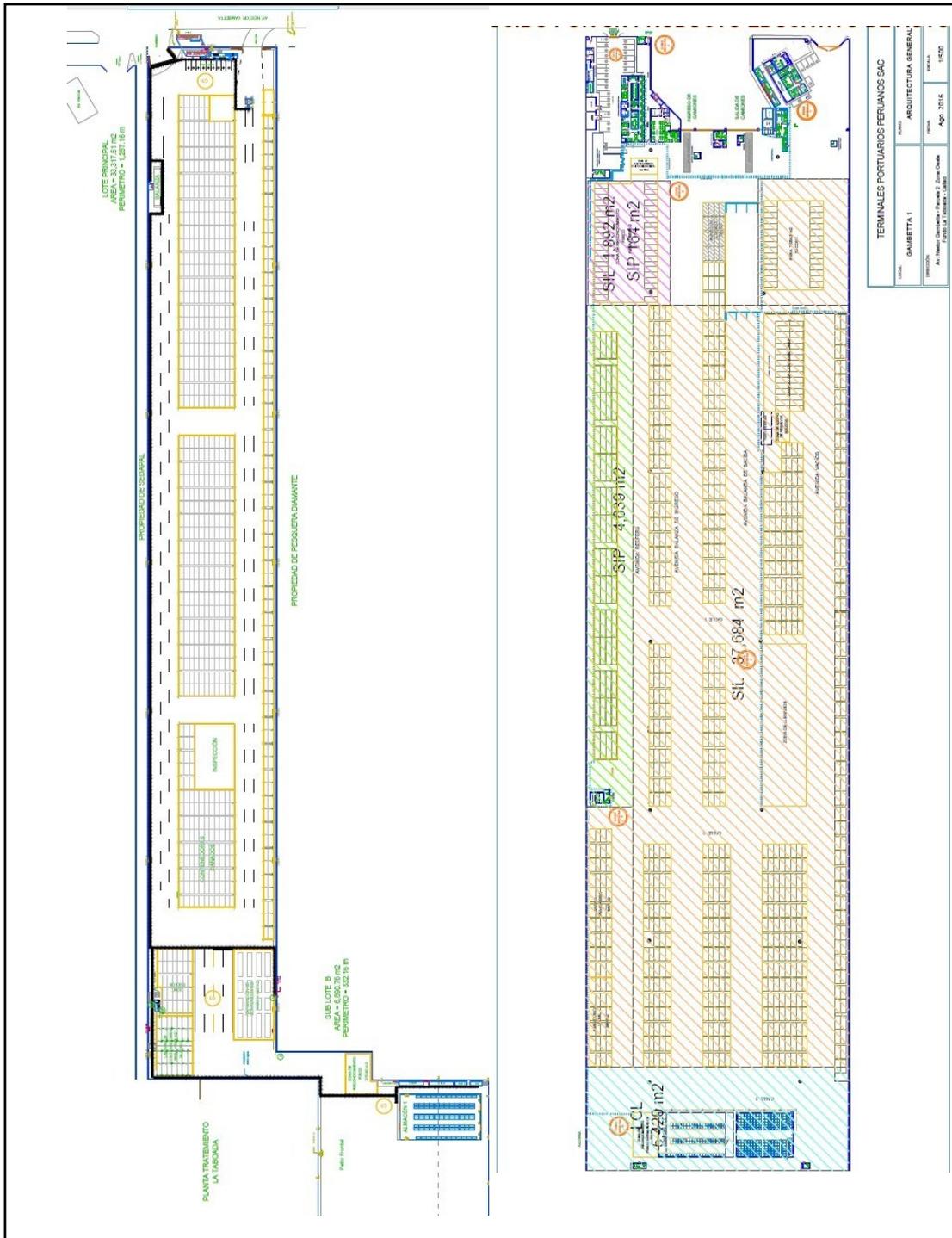
REFERENCIAS

- Dounce, E. (2007). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: Grupo Editorial Patria.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Amendola, L. (2012). *Organización y gestión del mantenimiento*. Valencia: PMM Institute for Learning.
- Moubray, J. (2004). *RCM II: Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. North Carolina: Aladon LCC.
- Ruiz, A.M. (2012). *Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo*. (Tesis de Licenciatura) Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Pezantes, A.E. (2007). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de una planta procesadora de camarón*. (Tesis de Licenciatura) Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Rivera, E.M. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Da Costa, M. (2010). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. (Tesis de Licenciatura) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Burns Mas, J.P. (2012). *Terminales de contenedores: sistemas de operación*. (Trabajo Final de Ingeniería Civil) Universidad Católica Argentina [En línea] Recuperado el 13 de Febrero del 2016 de <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/terminales-contenedores-sistemas.pdf>
- Viveros, P., Stegmaier, R., Barbera, L., Crespo, A. (2006) *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. En *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería* pp. 125 – 138

ANEXOS

ANEXO 1. PLANO DE DISTRIBUCIÓN - GAMBETTA 1 Y GAMBETTA 2	63
ANEXO 2. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2016.....	64
ANEXO 3. INVENTARIO DE EQUIPOS – LAVADO Y SUMINISTRO DE AGUA	68
ANEXO 4. INVENTARIO DE EQUIPOS – BALANZAS / SUB ESTACIONES.....	69
ANEXO 5. DISPONIBILIDAD 2016 Y DISPONIBILIDAD PROYECTADA.....	70
ANEXO 6. REPORTE ACUMULADO DE OPERACIONES 2016.....	71
ANEXO 7. FORMATO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA CI	72
ANEXO 8. FORMATO DE INSPECCIÓN DEL SIST. DE SUMINISTRO DE AGUA	73
ANEXO 9. FORMATO DE INSPECCIÓN DE SSEE.....	74
ANEXO 10. ESPECIFICACIONES DEL MANTENIMIENTO DE SSEE.....	75
ANEXO 11.ESPECIFICACIONES DEL MANT. DE BALANZAS DE 80 TN	77
ANEXO 12. ESPECIFICACIONES DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CI.....	78

ANEXO 1. PLANO DE DISTRIBUCIÓN - GAMBETTA 1 Y GAMBETTA 2



Fuente: TPP

ANEXO 2. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2016

DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - ENERO 2016						
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	ESTADO	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	38	OPER.		0	100.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	OPER.	08/01/16	4	98.1%
Hidrolavadoras	G1	2	OPER.	Operando KARCHER 3 desde 26/10	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2	OPER.		32	97.8%
Balanza carga suelta	G1	3	OPER.		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	OPER.	1 reflector inoperativo	0	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8	OPER.	Hay 17 tomas para cambiar	0	91.1%
Bomba pozo lavado	G2	1	OPER.		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	OPER.	20/01 Se instala Karcher 1	12	94.2%
Reflectores patio	G2	32	OPER.	4 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	87.5%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - FEBRERO 2016						
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	ESTADO	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	OPER.	17/02 Equipos de AGE y REF no enfrían. Se detectó problema eléctrico (caída de tensión). Se corrigió	24	99.8%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	OPER.	30/10 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	2	OPER.	Operando KARCHER 2 desde 05/02	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2	OPER.		0	100.0%
Balanza carga suelta	G1	3	OPER.		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	OPER.	1 reflector inoperativo	0	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8	OPER.	Hay 19 tomas para cambiar	0	90.1%
Bomba pozo lavado	G2	1	OPER.		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	OPER.	20/01 Se instala Karcher 1	4	98.1%
Reflectores patio	G2	32	OPER.	4 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	87.5%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - MARZO 2016						
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	ESTADO	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	OPER.	16/03 Equipo 60000 BTU de Operaciones no enfría: compresor dañado	168	99.1%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	OPER.	30/10 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	8	96.2%
Hidrolavadoras	G1	2	OPER.	Operando KARCHER 2 desde 05/02	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2	OPER.		0	100.0%
Balanza carga suelta	G1	3	OPER.		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas	OPER.		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	OPER.	1 reflector inoperativo	0	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8	OPER.	Hay 20 tomas para cambiar	0	89.6%
Bomba pozo lavado	G2	1	OPER.		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	OPER.	20/01 Se instala Karcher 1	26	87.5%
Reflectores patio	G2	32	OPER.	5 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	84.4%

DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - ABRIL 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	25/04 Equipo 36000 BTU del comedor no enfría, cableado eléctrico dañado	144	99.5%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	32	84.6%
Hidrolavadoras	G1	2	Operando KARCHER 3 desde 05/04	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2		0	100.0%
Balanza carga suelta	G1	3		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	1 reflector inoperativo	0	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8	30/04 Se realizó mantenimiento, se cambiaron 18 tomas deterioradas	0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	20/01 Se instala Karcher 1	4	98.1%
Reflectores patio	G2	32	5 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	84.4%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - MAYO 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	Se realiza mantenimiento general de los 40 equipos.		98.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	2	Operando KARCHER 3 desde 05/04	4	98.1%
Balanzas 60 TN	G1	2		48	93.3%
Balanza carga suelta	G1	3		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	1 reflector inoperativo	0	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1		32	84.6%
Reflectores patio	G2	32	5 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	84.4%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - JUNIO 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	21/05 Equipo 24000 BTU oficina Tec. Reefers no enfría, tarjeta de control averiada, pendiente reparación	240	98.5%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	2	Operando KARCHER 3 desde 05/04	8	96.2%
Balanzas 60 TN	G1	2		0	100.0%
Balanza carga suelta	G1	3		0	100.0%
Balanza 5 TN	G1	2		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	05/06/16 Poste 14 derribado (6 reflectores inoperativos)	600	92.2%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	10/06/16 KARCHER 1 a mantenimiento / Se instala KARCHER 2	2	99.0%
Reflectores patio	G2	32	5 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	320	84.4%

DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - JULIO 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	21/05 Equipo 24000 BTU oficina Tec. Reefers no enfría, tarjeta de control averiada, pendiente reparación	240	99.2%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	4	98.1%
Hidrolavadoras	G1	1	Operando KARCHER 3 desde 05/04	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2		0	100.0%
Balanza carga suelta	G1	3		0	100.0%
Balanza 5 TN	G1	2		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	6 reflectores inoperativos	0	93.3%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	3			100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	10/06/16 KARCHER 1 a mantenimiento / Se instala KARCHER 2	0	100.0%
Reflectores patio	G2	32	11 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	65.6%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - AGOSTO 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	Todos los equipos operativos	0	100.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	1	Operando KARCHER 3 desde 05/04	0	100.0%
Balanzas 60 TN	G1	2	18/08 Bza. Ingreso inoperativa (08:00 - 19:00)	16	97.8%
			19/08 Bza. Salida con fallas por candado (00:00 a 09:00)	0	
Balanzas carga suelta	G1	3		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	6 reflectores inoperativos	0	93.3%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	3			100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	10/06/16 KARCHER 1 a mantenimiento / Se instala KARCHER 2	2	99.0%
Reflectores patio	G2	32	11 reflectores inoperativos (garantía proveedor)	0	65.6%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - SETIEMBRE 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	Todos los equipos operativos	0	100.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	1	Operando KARCHER 1 desde 01/09. Falla 8/09 a 14/09	40	80.8%
Balanzas 60 TN	G1	2		0	100.0%
Balanzas carga suelta	G1	3	Balanza 2 TN inoperativa (1/09 al 21/09)	160	74.4%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	90	6 reflectores inoperativos. 15/09 se realiza mantenimiento	180	96.1%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	3		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		40	80.8%
Hidrolavadora	G2	1	05/09 A 15/09 Karcher 2 a mantenimiento, se reemplaza con Karcher 3. 15/09 Se instala Karcher 2	0	100.0%
Reflectores patio	G2	32	02/09: 11 reflectores inop. 03/09: OIEM repone 5 reflectores. 15/09: OIEM repone 6 reflectores, falla en circuito. 22/09: OIEM corrige falla	240	84.7%

DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - OCTUBRE 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	40	Todos los equipos operativos	0	100.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	1	Desde 14/09 Karcher 1	22	89.4%
Balanzas 60 TN	G1	2		0	100.0%
Balanzas carga suelta	G1	3		24	96.7%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	94		720	97.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	3		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		16	92.3%
Hidrolavadora	G2	1	15/09 Se instala Karcher 2	0	100.0%
Reflectores patio	G2	32		0	100.0%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - NOVIEMBRE 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	41	Todos los equipos operativos	0	100.0%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	1	Desde 14/09 Karcher 1	6	97.1%
Balanzas 60 TN	G1	2		32	97.8%
Balanzas carga suelta	G1	3		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	94		360	98.9%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	7		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		0	100.0%
Hidrolavadora	G2	1	15/09 Se instala Karcher 2	0	100.0%
Reflectores patio	G2	32		1800	84.4%
DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS / EQUIPOS - DICIEMBRE 2016					
DISPOSITIVO	LOCAL	CANT.	INCIDENCIAS	HRS NO DISPONIB.	DISP
Aire acondicionado	G1	41	Todos los equipos operativos	720	97.6%
Bombas Lavado contenedores	G1	1	30/10/2015 abastecimiento de agua del tanque (cisternas)	0	100.0%
Hidrolavadoras	G1	1	Desde 26/12 Karcher 3 (con pistola y lanza nuevas)	16	92.3%
Balanzas 60 TN	G1	2		12	99.2%
Balanzas carga suelta	G1	3		0	100.0%
Sistema suministro de agua	G1	2 bombas		0	100.0%
Sistema contra incendio	G1	2 bombas		0	100.0%
Reflectores patio	G1	94		1080	96.8%
Tomas eléctricas para refrigerados	G1	8		0	100.0%
Aire acondicionado	G2	7		0	100.0%
Bomba pozo lavado	G2	1		24	88.5%
Hidrolavadora	G2	1	15/09 Se instala Karcher 2	0	100.0%
Reflectores patio	G2	32		1800	84.4%

ANEXO 3. INVENTARIO DE EQUIPOS – LAVADO Y SUMINISTRO DE AGUA

Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR
SA	1	BA	1	BOMBA	SALMSON	MULTI-H804-XV-T/6	107773990	Agosto 2009	HIDROSTAL
SA	1	BA	2	BOMBA	SALMSON	MULTI-H804-XV-T/6	038/29522	Agosto 2009	HIDROSTAL
SA	1	BA	3	BOMBA (pozo subsuelo)	HIDROSTAL	B1.1/2X2	2007107150	Agosto 2009	COISA
SA	1	BA	4	BOMBA (dosificador Cloro)	CONCEPT PLUS	CNPA100PPB200AD	2007145176	Agosto 2009	COISA
SA	1	TH	1	TANQUE HIDRONEUMATICO	CHAMPION (AMTROL)	CH4202		Agosto 2009	HIDROSTAL
SA	1	VA	2	VARIADOR DE FRECUENCIA	DANFOSS	VLT-2800		Agosto 2009	HIDROSTAL
SA	1	PL	3	PLC	SIEMENS	LOGO			
LC	1	BA	1	BOMBA (pozo subsuelo)	PENTAX	US-120/3T		Agosto 2009	COISA
LC	1	BA	2	BOMBA (tanque elevado)	PENTAX	PH 45			
LC	1	BA	3	BOMBA (tanque elevado)	CITY			Set. 2013	COLD MOTORS
LC	0	HL	1	HIDROLAVADORA N° 1	KARCHER	HD 10/25 -4 S	N° 1	2011	
LC	0	HL	2	HIDROLAVADORA N° 2	KARCHER	HD 10/25 - S	48061	Agosto 2012	
LC	0	HL	3	HIDROLAVADORA N° 3	KARCHER	HD 10/25 -4 S	128610900-48777	Abril 2013	KVR3
LC	2	BA	1	BOMBA (tanque elevado)	PEDROLLO	PK M 60		Abril 2013	
LC	2	BA	2	BOMBA (pozo subsuelo)	PEDROLLO			Set. 2013	CCJ
LC	2	BA	3	BOMBA (Tanque)	PEDROLLO			Set. 2013	CCJ
CI	1	BA	1	BOMBA PRINCIPAL	WEG	Motor 6209-Z-C3 Bomba 6309-C3	1003547028	Agosto 2009	PREDEM
CI	1	BA	2	BOMBA JOCKEY	ESPA	PRISMA 25 4		Agosto 2012	MGC
CI	1	TC	1	TABLERO CONTROL				Agosto 2009	PREDEM
Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR
BC	1	PF	1	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL		2009	SUMINCO
BC	1	PF	2	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL		2009	SUMINCO
BC	2	PF	1	BALANZA 80 TN					RANSA
BC	3	PF	1	BALANZA 80 TN	HBM	TRUCK WELL			Villas Oquendo
BC	1	CR	1	CONVERSION	HBM	SC232/422B		2009	SUMINCO
BC	1	CR	2	CONVERSION	HBM	SC232/422B		2016	TOTAL WEIGHT
BC	3	CR	1	CONVERSION	HBM	SC232/422B			Villas Oquendo
BC	2	DS	1	DISPLAY	RICE LAKE			2016	PRESITEC
CS	1	DS	1	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 2 TN			PRESITEC
CS	1	DS	2	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC
CS	1	DS	3	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC
CS	1	PF	1	PLATAFORMA 2 TN		Bza. 2 TN			PRESITEC
CS	1	PF	2	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN			PRESITEC
CS	1	PF	3	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN			PRESITEC
CS	2	DS	4	DISPLAY	RICE LAKE	Bza. 5 TN			PRESITEC
CS	2	PF	4	PLATAFORMA 5 TN		Bza. 5 TN		2017	PRESITEC

ANEXO 4. INVENTARIO DE EQUIPOS – BALANZAS / SUB ESTACIONES

Sis	Loc	Equ	Cor	DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	N° SERIE	INST.	PROVEEDOR
SE	1	TR	1	TRANSFORMADOR	CEA	160 KVA / 10 - 0.22 KV		2009	ELECIN
SE	1	TR	2	TRANSFORMADOR	CEA	50 KVA / 10 - 0.22 KV		2009	ELECIN
SE	1	TR	3	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN
SE	1	TR	4	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN
SE	1	TR	5	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN
SE	1	TR	6	TRANSFORMADOR	CEA	400 KVA / 10 - 0.46 KV		2009	ELECIN
SE	1	SC	1	SECCIONADOR	SIEMENS	SION		2009	ELECIN
SE	1	SC	2	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	SC	3	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	SC	4	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	SC	5	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	SC	6	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	SC	7	SECCIONADOR	FELMEC	SPAIL - B		2009	ELECIN
SE	1	RL	7	RELAY	ORION			2009	ELECIN
SE	2	TR	1	TRANSFORMADOR		50 KW / 440 - 220 V			Capricornio

ANEXO 5. DISPONIBILIDAD 2016 Y DISPONIBILIDAD PROYECTADA

LAVADO DE CONTENEDORES - GAMBETTA 1

2016	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	4	0	8	32	4	8	4	0	40	22	6	16	12.00
TBF	204	208	200	176	204	200	204	208	168	186	202	192	196.00
DISP	98.1	100.0	96.2	84.6	98.1	96.2	98.1	100.0	80.8	89.4	97.1	92.3	94.23%
TF	0.00490	0.00481	0.00500	0.00568	0.00490	0.00500	0.00490	0.00481	0.00595	0.00538	0.00495	0.00521	0.00510

2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	2	4	2	4	2	8	2	4	2	4	2	8	3.67
TBF	206	204	206	204	206	200	206	204	206	204	206	200	204.50
DISP	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	98.24%
TF	0.00485	0.00490	0.00485	0.00490	0.00485	0.00500	0.00485	0.00490	0.00485	0.00490	0.00485	0.00500	0.00489

LAVADO DE CONTENEDORES - GAMBETTA 2

2016	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	12	4	26	4	32	2	0	2	40	16	0	24	13.50
TBF	196	204	182	204	176	206	208	206	168	192	208	184	194.50
DISP	94.2	98.1	87.5	98.1	84.6	99.0	100.0	99.0	80.8	92.3	100.0	88.5	93.51%
TF 2016	0.00510	0.00490	0.00549	0.00490	0.00568	0.00485	0.00481	0.00485	0.00595	0.00521	0.00481	0.00543	0.00514

2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	2	8	2	4	2	4	2	4	2	8	2	4	3.67
TBF	206	200	206	204	206	204	206	204	206	200	206	204	204.33
DISP	99.0	96.2	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	98.1	99.0	96.2	99.0	98.1	98.24%
TF 2018	0.00485	0.00500	0.00485	0.00490	0.00485	0.00490	0.00485	0.00490	0.00485	0.00500	0.00485	0.00490	0.00489

BALANZAS - GAMBETTA 1

2016	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	16	0	0	0	48	0	8	16	0	0	16	6	9.17
TBF	704	720	720	720	672	720	712	704	720	720	704	714	710.83
DISP	97.8	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0	98.9	97.8	100.0	100.0	97.8	99.2	98.73%
TF	0.00142	0.00139	0.00139	0.00139	0.00149	0.00139	0.00140	0.00142	0.00139	0.00139	0.00142	0.00140	0.00141

BALANZAS - GAMBETTA 1

2018	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
TTR	0	4	0	0	16	0	0	4	0	16	0	0	3.33
TBF	720	716	720	720	704	720	720	716	720	704	720	720	716.67
DISP	100.0	99.4	100.0	100.0	97.8	100.0	100.0	99.4	100.0	97.8	100.0	100.0	99.54%
TF	0.00139	0.00140	0.00139	0.00139	0.00142	0.00139	0.00139	0.00140	0.00139	0.00142	0.00139	0.00139	0.00140

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. REPORTE ACUMULADO DE OPERACIONES 2016

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
REEFERS EXPO	289	223	164	93	97	133	254	246	218	242	168	299
REEFERS IMPO	152	142	207	220	277	238	262	236	181	248	263	261
LLENOS EXPO	853	1566	1306	1134	922	962	987	1143	990	1151	883	1382
LLENOS IMPO	1981	1746	1586	1388	1599	1687	1582	1598	1470	1571	1636	2112
LCL IMPO	39	33	32	32	29	34	46	54	83	106	64	105
VACÍOS EXPO	749	594	766	1558	1169	1902	2548	2086	1854	2548	1759	1322
REEFERS OTL	102	104	110	118	115	120	96	98	105	107	109	118

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
USO BALANZA	10551	10879	9730	8478	9017	9448	9380	9696	8741	9672	9236	12437	9772
BZA / DIA	352	363	324	283	301	315	313	323	291	322	308	415	326
LAVADO G1	391	327	274	211	212	253	350	344	323	349	277	417	311
G1	15	13	11	8	8	10	13	13	12	13	11	16	12
LAVADO G2	749	594	766	1558	1169	1902	2548	2086	1854	2548	1759	1322	1571
G2	29	23	29	60	45	73	98	80	71	98	68	51	60
TOMAS REEFERS	441	365	371	313	374	371	516	482	399	490	431	560	426

USO DE BALANZA: Reefers Impo / Expo + Llenos Impo / Expo + LCL Impo

LAVADO G1: Reefers Expo + Reefers OTL

LAVADO G2: Vacíos Expo

TOMAS REEFERS: Reefers Impo / Expo

Fuente: Área Planeamiento TPP / Elaboración propia

ANEXO 7. FORMATO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA CI


F-INFTER-032

INSPECCIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

INSPECCIÓN MENSUAL FECHA:.....

PRESIÓN DEL SISTEMA: psi

VERIFICACIÓN DE VÁLVULAS, TUBERÍAS Y CABLEADO

DISPOSITIVO	SI	NO	NA
VÁLVULA MARIPOSA ABIERTA (V13)			
VÁLVULAS DE LA BOMBA PRINCIPAL ABIERTA (V7)			
VÁLVULAS DE LA BOMBA JOCKEY ABIERTAS (V8, V14)			
VÁLVULA DE DESFOGUE CERRADA (V9)			
TUBERÍAS EN EL CUARTO DE BOMBAS SIN FUGAS			
CABLEADO DEL TABLERO AJUSTADO			
CABLEADO EXTERNO CORRECTO			
Comentarios:			
.....			

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS

CON FLUJO
SIN FLUJO

EQUIPO	FUNC.	VOLT	AMP	OBS.
B3: BOMBA PRINCIPAL				
B4: BOMBA JOCKEY				
INTERRUPTOR GENERAL - BOMBAS OFF				
INTERRUPTOR GENERAL - BOMBAS ON				

OBSERVACIONES:

OK: funciona correctamente 2 : empaques con goteo de agua

1 : con ruidos y vibraciones inusuales 3 : recalentamiento

OTROS (especificar):

.....

REALIZADO POR:

ANEXO 9. FORMATO DE INSPECCIÓN DE SSEE


F-INFTER-032

INSPECCIÓN DE SUB ESTACIONES DE MEDIA TENSIÓN

FECHA: _____

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA °C		GEL DESH.	TRANSF.	OBSERVACIONES
		ACTUAL	MÁXIMA			
SEE 1	160 KV - 220 V					
SEC 1	400 KV - 440 V					
SEC 2	400 KV - 440 V					
SEC 3	400 KV - 440 V					
SEC 4	400 KV - 440 V					
SEE 2	50 KV - 220 V					

Recomendaciones: _____

Realizado por:

Firma y sello

Verificado por:

Firma y sello

ANEXO 10. ESPECIFICACIONES DEL MANTENIMIENTO DE SSEE



MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 02 SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA TIPO CONVENCIONAL (160 Y 50 KVA) Y 04 SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA TIPO COMPACTA PEDESTAL DE 400 KVA EN MEDIA TENSIÓN.

DOS SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS (160 KVA Y 50 KVA)

Celda de llegada

- Mantenimiento de Seccionador de Potencia y seccionador de línea: limpieza, ajuste, lubricación y prueba eléctricas
- Mantenimiento de Interruptor de Potencia tripolar Siemens de 1250 A/ 17.5 kV: limpieza, ajuste, lubricación y prueba eléctrica (SEE 160 KVA)
- Mantenimiento de terminales: Limpieza, ajuste,

Celda de medición

- Mantenimiento de Celda de Medición
- Mantenimiento del sistema de barras de MT: Limpieza, ajuste, lubricación y pruebas de aislamiento.

Celda de transformación

- Mantenimiento de un transformador: limpieza, ajuste, lubricación y pruebas
- Extracción de muestra de aceite para análisis Físico-Químico (rigidez dieléctrica, contenido de agua, índice de acidez total, factor de disipación)
- Suministro y cambio de silicagel
- Rellenado de aceite dieléctrico a los que hagan falta.

Celda de salida (SEE 160 KVA)

- Mantenimiento de Celda de Salida a Subestación Compacta
- Mantenimiento de Seccionador de Potencia bajo carga

Local

- Mantenimiento del sistema de Pozos de Puesta a Tierra (6 pozos): medición de la resistividad, tratamiento con sal higroscópica, cambio de conectores AB.
- Limpieza del local de la SS.EE. Convencional.
- Limpieza de buzones de ventilación.

1/2

CUATRO SUBESTACIONES ELECTRICAS COMPACTAS PEDESTAL DE 400 KVA 10/0.46 kV.

Celda de llegada de y salida de 400 KVA.

- Mantenimiento de Seccionador de Potencia de 400 A/ 12 KV.
- Seccionador de línea, limpieza, ajuste, lubricación y prueba eléctricas
- Mantenimiento de terminal en 10KV, 200 A de llegada y salida: Limpieza, ajuste, lubricación y pruebas de aislamiento.

Celda de transformación de 400 KVA 10/0.46 KV.

- Mantenimiento de transformador de 400kVA, 10/0.46kV: limpieza, ajuste, lubricación y pruebas
- Extracción de muestra de aceite para análisis Físico-Químico (rigidez dieléctrica, contenido de agua, índice de acidez total, factor de disipación)
- Rellenado de aceite dieléctrico (SEC N° 2 y los que hagan falta)
- Suministro y cambio de silicagel
- Mantenimiento del sistema de barras de MT: Limpieza, ajuste, lubricación y pruebas de aislamiento.

Celda de BT

- Mantenimiento de interruptores trifásicos
- Mantenimiento de Tablero de Baja Tensión y accesorios

Local

- Mantenimiento del sistema de Pozos de Puesta a Tierra (8 pozos): Medición de la resistividad, tratamiento con sal higroscópica, cambio de conectores AB.
- Limpieza del local de la Subestación Compacta Pedestal
- Limpieza de buzones de ventilación.

ENTREGABLES

Documentos firmados por Ingeniero eléctrico colegiado

- Informe técnico de mantenimiento de cada sub estación
- Protocolo de pruebas de campo de interruptores de potencia que incluye medición de aislamiento
- Protocolo de inspección y pruebas de campo de los transformadores que incluye medición de aislamiento y análisis físico químico del aceite
- Protocolo de medición de pozos a tierra

2/2

ANEXO 11.ESPECIFICACIONES DEL MANT. DE BALANZAS DE 80 TN



MANTENIMIENTO DE BALANZAS 80 TN

Mantenimiento de balanza de camiones electrónica marca HBM Modelo TRADE TRUCKCELL de 80 TN

- Limpieza de foso
- Desmontaje de celdas de carga para revisión de señales en vacío
- Revisión de montajes mecánicos: placas de anclaje, botones superiores e inferiores.
- Limpieza y engrase de puntos de apoyo.
- Revisión y ajuste de los sistemas de limitación.
- Pruebas puntuales con montacargas de 4.5 TN
- Asistencia técnica durante la calibración

CALIBRACIÓN DE BALANZAS 80 TN

Calibración de balanza de camiones electrónica marca HBM Modelo TRADE TRUCKCELL de 80 TN

- Calibración con pesas certificadas por INDECOPI / INACAL
- Certificado de calibración con patrones trazables a patrones de medición nacionales

Adicional

- Levantamiento de plataforma de pesaje para limpieza completa del foso.

ANEXO 12. ESPECIFICACIONES DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CI



MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

EQUIPOS SCI

- 01 Tablero Controlador
- 01 Bomba Eléctrica SCHNEIDER 30 HP
- 01 Motor Eléctrico WEG
- 01 Bomba Jockey ESPA 3 HP
- 08 Gabinetes Tipo III
- 01 Válvula Siamesa Tipo Pared
- 01 Electrobomba PENTAX 1HP SUMERGIBLE (bomba sumidero)
- 01 tablero controlador bomba sumidero

TRABAJOS A INCLUIR

Revisión y mantenimiento del tablero principal

Motor eléctrico: cambio de rodajes; medición del aislamiento; barnizado del estator si lo requiere; verificación de ajuste de tapas.

Bombas: cambio de rodamientos; cambio de sellos mecánicos; lijado y pintado de bombas.

Revisión y Mantenimiento de las válvulas de sectorización.

Revisión y Mantenimiento de 08 gabinetes CI

Pruebas del sistema

Entregables: informe de mantenimiento, protocolo de pruebas hidráulicas y constancia de operatividad