



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO, BASADO EN EL MODELO DE  
GESTIÓN DE CALIDAD TPM, CON ENFOQUE SISTEMÁTICO PARA EQUIPOS CRÍTICOS  
DENTRO DE UNA EDIFICACIÓN Y SUS INSTALACIONES**

**José Antonio Castillo Chávez**

Asesorado por la MSc. Inga. Carola Berioska García García

Guatemala, julio de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO, BASADO EN EL MODELO DE  
GESTIÓN DE CALIDAD TPM, CON ENFOQUE SISTEMÁTICO PARA EQUIPOS CRÍTICOS  
DENTRO DE UNA EDIFICACIÓN Y SUS INSTALACIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE  
ESCUELA DE POSTGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ANTONIO CASTILLO CHÁVEZ**

ASESORADO POR LA MSC. INGA. CAROLA BERIOSKA GARCÍA GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Edgar Álvarez Cotí
EXAMINADOR(A)	Ing. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADOR	Ing. Javier Fidelino García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO, BASADO EN EL MODELO DE GESTIÓN DE CALIDAD TPM, CON ENFOQUE SISTEMÁTICO PARA EQUIPOS CRÍTICOS DENTRO DE UNA EDIFICACIÓN Y SUS INSTALACIONES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de Ingeniería, con fecha julio 2016.

**José Antonio Castillo Chávez**  
**Ingeniero Industrial**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por su gracia y bondad, por haber guiado mis pasos e iluminarme con sabiduría e inteligencia hasta alcanzar mis metas.
- Mis padres** José Castillo y Victoria Chávez. Por su confianza y apoyo incondicional en todas mis etapas de educación que me han brindado a base de esfuerzo y sacrificio.
- Mis hermanos** Betzabé, Julio, Rosa y Josué(+). Por su compañía, cariño y apoyo brindado en cualquier momento.
- Mi novia** Caren su cariño, apoyo y palabras de aliento brindadas en la etapa actual de mi carrera y profesión.
- Mis abuelas** Jacinta y Rosa. Por todos aquellos consejos que me han aportado, tanto en la vida personal como profesional.
- Mis tíos** Jorge, Julio, Rudy y Alex. Por todo el cariño, consejos y apoyos en los momentos importantes de mi vida.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por la oportunidad de formación, todos los conocimientos académicos que he tenido como privilegio adquirir.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por todo el conocimiento aportado y que hoy en día me acompaña y ayuda para desarrollarme profesionalmente.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Cristian, Byron, Gabriel. Por todo el apoyo en cada una de las etapas y clases que hemos compartido, los cuales han sido valiosos para mi desarrollo profesional.
<b>Asesora</b>	Inga. Carola García. Por su orientación y guía en mi trabajo de graduación, aportando su experiencia y conocimientos.
<b>Líderes de proceso y compañeros de trabajo</b>	Por su total apoyo y su apertura que me permite realizar el actual trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SIGLAS.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Edificios e instalaciones .....	1
1.1.1. Empresas.....	1
1.1.2. Su actividad económica.....	2
1.1.3. Su creación.....	2
1.1.4. Su tamaño .....	2
1.1.5. Sector terciario o empresa de servicio.....	2
1.1.6. Subsector financiero .....	3
1.1.7. Mercado de seguros.....	3
1.1.8. Acerca de la empresa.....	3
1.2. Sistemas de gestión de calidad.....	4
1.2.1. Características de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) .....	4

1.2.2.	Planeación de la calidad.....	5
1.2.3.	Control de la calidad.....	6
1.2.4.	Mejora continua de la calidad.....	6
1.2.5.	Ciclo de Deming .....	8
1.2.5.1.	Planificar .....	9
1.2.5.2.	Hacer.....	9
1.2.5.3.	Verificar .....	9
1.2.5.4.	Actuar.....	10
1.2.6.	Gestión de calidad: metodología TPM .....	10
1.2.7.	Historia del TPM.....	12
1.2.8.	Objetivos del TPM.....	13
1.2.8.1.	Objetivos estratégicos .....	13
1.2.8.2.	Objetivos operativos.....	13
1.2.8.3.	Objetivos organizativos .....	13
1.2.9.	Metas del TPM .....	14
1.2.10.	Ventajas y desventajas del TPM .....	14
1.2.11.	Beneficios del TPM .....	15
1.2.12.	Pilares del TPM.....	16
1.2.12.1.	Pilar 1: mejoras enfocadas Kaizen.....	17
1.2.12.2.	Pilar 2: mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).....	17
1.2.12.3.	Pilar 3: mantenimiento planificado (Keikaku Hozen).....	17
1.2.12.4.	Pilar 4: capacitación .....	18
1.2.12.5.	Pilar 5: mantenimiento oportuno.....	18
1.2.12.6.	Pilar 6: mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen).....	18

1.2.12.7.	Pilar 7: mantenimiento en áreas administrativas.....	18
1.2.12.8.	Pilar 8: gestión de seguridad, salud y medio ambiente .....	19
1.2.13.	Las pérdidas del TPM.....	19
1.3.	Mantenimiento .....	20
1.3.1.	Importancia del mantenimiento.....	20
1.3.1.1.	Importancia desde el punto de vista de la gestión.....	21
1.3.1.2.	Importancia desde el punto de vista del trabajador.....	22
1.3.2.	Objetivos del mantenimiento.....	22
1.3.3.	Tipos de mantenimiento .....	23
1.3.3.1.	Mantenimiento correctivo.....	23
1.3.3.2.	Mantenimiento preventivo.....	23
1.3.3.3.	Mantenimiento predictivo .....	24
1.3.4.	Modelos de mantenimiento.....	25
1.3.4.1.	Modelo correctivo .....	25
1.3.4.2.	Modelo condicional.....	26
1.3.4.3.	Modelo sistemático .....	26
1.3.4.4.	Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad.....	27
1.3.5.	Ventajas de contar con un plan de mantenimiento .	27
1.4.	Equipos críticos .....	28
1.4.1.	Equipo de climatización: aire acondicionado .....	28
1.4.2.	Equipo de transporte: ascensor .....	29

1.4.3.	Equipo de generación eléctrica: planta de emergencia.....	30
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	31
2.1.	Descripción de la empresa.....	32
2.2.	Descripción del departamento de mantenimiento .....	33
2.2.1.	Funciones por puesto .....	34
2.3.	Descripción del equipo con que se cuenta.....	34
2.4.	Identificación de equipos críticos .....	35
2.5.	Análisis del departamento de mantenimiento.....	37
2.6.	Descripción de análisis causa y efecto .....	39
2.6.1.	Personal .....	39
2.6.2.	Repuestos .....	40
2.6.3.	Control.....	40
2.6.4.	Ambiente .....	41
2.6.5.	Equipo .....	41
2.6.6.	Mantenimiento.....	42
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45
3.1.	Percepción del cliente sobre el mantenimiento a equipos .....	45
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	55
4.1.	Análisis interno.....	55
4.2.	Análisis externo.....	58

5.	PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA TPM PARA EQUIPOS CRÍTICOS .....	61
5.1.	Perfiles de proveedores acorde a necesidades.....	62
5.1.1.	Criterios .....	62
5.2.	Documento para apertura de expediente de proveedor .....	63
5.3.	Política de mantenimiento de equipos críticos .....	66
5.4.	Gestión de mantenimiento preventivo .....	73
5.5.	Propuesta de un plan de mantenimiento .....	75
5.6.	Costos de los mantenimientos.....	77
5.7.	Procedimiento de mantenimiento a equipos críticos .....	77
5.7.1.	Plantas eléctricas.....	78
5.7.2.	Elevadores.....	79
5.7.3.	Aire acondicionado .....	79
5.8.	Aplicación de la metodología TPM .....	80
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	ANEXOS.....	95



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Comparativo de gastos bimensuales 2017 vs 2018 .....	XVIII
2.	Ejemplo de un sistema de gestión de calidad .....	5
3.	Sistema de gestión de la calidad .....	8
4.	Ciclo de la mejora continua .....	10
5.	Enfoque TPM.....	11
6.	Pilares TPM.....	16
7.	Equipos de aire acondicionado .....	29
8.	Equipos de transporte .....	29
9.	Equipos de generación eléctrica .....	30
10.	Organigrama de departamento .....	33
11.	Calcomanía de identificación de equipos .....	37
12.	Diagrama de causa y efecto.....	39
13.	¿Con qué frecuencia utilizas el elevador al día? .....	46
14.	Generalmente, ¿Cuál es el uso que le das al elevador? .....	47
15.	¿Con qué frecuencia utilizas las escaleras? .....	47
16.	¿Cómo consideras el subir escaleras? .....	48
17.	¿Qué piensas al encontrar el elevador fuera de servicio? .....	49
18.	Al encontrar el elevador fuera de servicio ¿Cómo actúas? .....	49
19.	¿Utilizas el servicio de aire acondicionado?.....	50
20.	¿Cuántas horas al día utilizas este servicio? .....	51
21.	¿Cuál es el ambiente ideal para realizar tu trabajo? .....	51

22.	Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, ¿Qué es lo que piensas? .....	52
23.	Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, ¿cómo actúas?.....	53
24.	Documento para identificación de proveedores I .....	64
25.	Documento para identificación de proveedores II .....	65
26.	Diagrama de flujo para la gestión del mantenimiento .....	74
27.	Plan de mantenimiento para equipos críticos .....	76

## TABLAS

I.	Identificación de equipos críticos .....	36
II.	Gastos por mantenimientos correctivos .....	43
III.	Costos de mantenimientos a equipos críticos .....	77
IV.	Preparación de TPM .....	81
V.	Introducción de TPM .....	82
VI.	Implantación de TPM .....	83
VII.	Consolidación de TPM .....	84

## LISTA DE SIGLAS

<b>GPTW</b>	<i>Great Place to Work</i> (Gran lugar para trabajar)
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i> (Organización Internacional de Normalización)
<b>KPI</b>	<i>Key performance indicator</i> (Indicador clave de rendimiento)
<b>PDCA</b>	<i>Plan, do, check, act</i> (planear, hacer, verificar, actuar)
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>PYMES</b>	Pequeñas y medianas empresas
<b>SGC</b>	Sistema de gestión de calidad
<b>TPM</b>	<i>Total productive maintenance</i> (Mantenimiento productivo total)



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
%	Porcentaje
+	Suma
-	Menos
=	Igual



## GLOSARIO

<b>Calidad</b>	Conjunto de propiedades inherentes a algo, que permite caracterizarla y valorarla con respecto a otras de su tipo.
<b>Confiabilidad</b>	Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria en definitiva el grado de confianza que proporcione una planta.
<b>Crítico</b>	Elemento que representa un riesgo potencialmente inaceptable.
<b>Defecto</b>	Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.
<b>Diagnóstico</b>	Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina o evaluar su situación y su desempeño.
<b>Disponibilidad</b>	Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una máquina o equipo por ente de toda la industria es decir producción óptima.
<b>Enfoque</b>	Orientación de un tema, cuestión o problema desde supuestos desarrollados con anticipación, a fin de resolverlo de modo acertado.

<b>Entrenamiento</b>	Preparar o adiestrar al personal del equipo de mantenimiento, para que sea capaz de actuar eficientemente en las actividades de mantenimiento.
<b>Falla</b>	Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.
<b>Gestión</b>	Llevar a cabo acciones que hacen posible la realización de una operación.
<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de acciones para que las instalaciones y máquinas de una industria funcionen adecuadamente.
<b>Mejorar</b>	Pasar de un estado a otro que de mayor desempeño de la máquina o equipo.
<b>Modelo</b>	Representación de procesos o sistemas que pretende el análisis de un grupo de acciones que tienen interacción entre ellos, para mantener una relación flexible que les permita cumplir su función particular.
<b>Planificar</b>	Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un período de tiempo.
<b>Prevención</b>	Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo.

<b>Producción</b>	Es un proceso mediante el cual se genera utilidades a la industria.
<b>Reparación</b>	Solución de una falla o avería para que la maquinaria o equipo este en estado operativo.
<b>Seguridad</b>	Asegurar el equipo y personal para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a la persona o la industria.
<b>Sistemático</b>	Realiza un trabajo o una tarea ordenadamente, siguiendo un método o sistema.



## RESUMEN

El problema principal es que no se tiene un programa de mantenimiento preventivo de calidad, lo que provoca deficiencia en la gestión de mantenimiento para los equipos críticos instalados, los cuales son: climatización, transporte y generación eléctrica.

El objetivo de esta investigación es diseñar un plan de mantenimiento preventivo con un enfoque sistemático para equipos críticos instalados en una edificación, pasando por el diagnóstico, determinando la gestión y principalmente analizando las causas de los fallos de los equipos críticos, para realizar la propuesta de nuevos indicadores que aporten al control, monitoreo y seguimiento a la ejecución del plan.

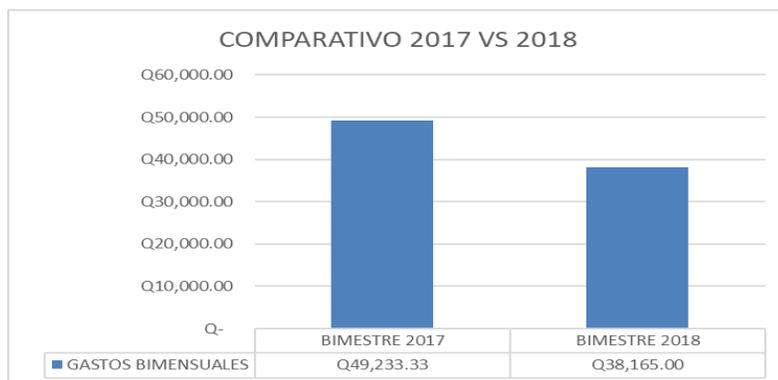
El alcance de la investigación cubre por sus beneficios al departamento de mantenimiento y la compañía; la investigación propuesta se realizó bajo un diseño no experimental, con un tipo de estudio y alcance descriptivo, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), dado que se trabajó bajo variables numéricas o estadísticas y de observación, en donde se analizó la gestión de mantenimiento, al departamento.

Los resultados obtenidos además de la propuesta del plan de mantenimiento, se crearon criterios para la selección y evaluación de proveedores, la obtención y apertura de expediente del mismo, política de mantenimiento, tomando en cuenta los equipos obsoletos y el proceso de recambio, elaborando un diagrama de flujo para la gestión de mantenimiento, y

por último, después del plan, el procedimiento de mantenimiento preventivo, el cual debe realizarse tal como lo describe el enfoque sistemático de mantenimiento, sin importar el estado del equipo.

Con la implementación de las propuestas y el plan piloto se ha reunido documentación necesaria para garantizar un mejor desempeño y calidad en los servicios de mantenimiento a los equipos instalados, dejando dentro de los procedimientos del área, además del diseño de un plan de mantenimiento preventivo, políticas que reunieron las necesidades básicas que deben tener presente las empresas subcontratadas, el departamento de mantenimiento, la alta gerencia y todo personal involucrado en el proceso para que los equipos funcionen en óptimas condiciones, garantizando con esto una disminución de gastos por el proceso de mantenimiento correctivo.

Figura 1. **Comparativo de gastos bimensuales 2017 vs 2018**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se muestra que se ha obtenido una reducción de costos del 33 %, tomando como referencia bimensualmente el año 2017 contra el 2018, una vez se ha puesto en práctica y llevando un mayor control de los procesos, de mantenimientos de equipos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS**

### **Problema**

No se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de calidad, lo que provoca la deficiencia en la gestión de mantenimiento para los equipos críticos (climatización, transporte y generación eléctrica), dentro de las instalaciones de la edificación.

### **Descripción del problema**

Los equipos de climatización, transporte y generación eléctrica, en conjunto, son llamados equipos críticos durante la investigación, debido a su importancia y funcionamiento dentro de las instalaciones de dicha edificación, en donde las actividades están basadas en el servicio al cliente, específicamente dentro del mercado de seguros, siendo esta una empresa fundada en 1947, pero situada en el inmueble a partir del año 1959.

El inmueble cuenta en sus instalaciones con estos equipos para hacer más confortable y de fácil acceso la estadía de los colaboradores y visitantes. Además, existe el objetivo de disminuir el riesgo de paro de producción, velando por que los colaboradores se encuentren en un lugar cómodo para el desempeño de sus labores; sin embargo, el problema principal por el cual se realiza este trabajo de investigación y desarrollo es porque estos equipos presentan fallas constantes en su funcionamiento, lo cual dificulta el cumplimiento de las actividades y genera malestar dentro de los mismos

clientes, internos y externos, debido a que no se les presta un servicio de calidad y podría llegar a ocasionar inconvenientes en la salud y seguridad en el trabajo por no tener un intercambio correcto de aire en los ambientes, lo cual es una oportunidad de mejora para la compañía. Todo esto se debe al deficiente mantenimiento que se les da a los equipos, dado que no existe un plan que garantice la calidad en los procesos, ni control y seguimiento que aporte al funcionamiento continuo, minimización del riesgo de falla y reducción de costos por paros repentinos que conllevan a mantenimientos correctivos que impactan directamente en el presupuesto del departamento y restan utilidades a la compañía.

Por ser equipo crítico es necesario que se cuente con un mantenimiento óptimo que minimice el riesgo de falla, para evitar con esto paros de producción, disminución o incumplimiento de metas, inconformidad de los colaboradores o hasta pérdidas financieras. Para el cumplimiento puntual de la investigación y gestión del proyecto se delimitaron: ubicación del proyecto, sujetos de investigación y tiempo.

La investigación se realizó en un inmueble ubicado en la ciudad de Guatemala, empresa dedicada al servicio al cliente, con distintas áreas de proceso y soporte. Los sujetos de investigación son todas aquellas personas denominadas clientes internos en la compañía y los proveedores encargados de cada uno de los mantenimientos que se deben llevar a cabo. La investigación y gestión de mantenimiento para los equipos en mención se realizará durante los meses de junio del 2016 a diciembre de 2017.

### Pregunta central

¿Qué modelo de gestión de calidad permite desarrollar un plan de mantenimiento de equipos críticos dentro de las instalaciones de una edificación?

### Preguntas de investigación

1. ¿Con qué equipos cuenta la compañía, la funcionalidad de cada uno de los instalados y la percepción de la población en cuanto a las fallas presentadas?
2. ¿Cuáles son los factores críticos del mantenimiento preventivo encontrados en los equipos de una edificación y sus instalaciones?
3. ¿Cuáles indicadores deben adoptarse dentro del plan de mantenimiento para una efectiva medición de objetivos estratégicos?
4. ¿Qué sistema de TPM puede adoptarse para un modelo de mantenimiento sistemático de equipos críticos?



## OBJETIVOS

### General:

Proponer el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones.

### Específicos:

1. Identificar los equipos críticos, describir su funcionalidad, previo a la realización del trabajo de investigación, para cada uno de estos dentro de las instalaciones, así como la percepción de los clientes internos.
2. Analizar la situación de los mantenimientos efectuados a los equipos críticos para identificar las fortalezas y debilidades.
3. Determinar los indicadores de desempeño adecuados para el monitoreo eficiente tras el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos instalados.
4. Proponer un sistema de calidad TPM basado en un modelo de mantenimiento sistemático para los equipos instalados, estableciendo procesos y políticas internas y externas.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación propuesta se realizó bajo un diseño no experimental, con un tipo de estudio y alcance descriptivo, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), dado que se trabajó bajo variables numéricas o estadísticas y de observación en los equipos instalados, con lo que el investigador reunió la información con base en encuestas de percepción de servicio realizadas a colaboradores de la compañía, además de los reportes de las distintas fallas y paros en los equipos que han afectado de forma directa e indirectamente a la operación en los distintos procesos.

Se busca tener toda la documentación necesaria para garantizar un mejor desempeño y calidad en los servicios de mantenimiento que se les realizará en adelante a los equipos instalados, dejando dentro de los procedimientos del área, además del diseño de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos instalados en la edificación, políticas que reúnan las necesidades básicas que se deben tener en cuenta dentro de la organización para que estos equipos funcionen en óptimas condiciones y bajo la capacidad instalada. Se apoyará en los manuales de los equipos y en prioridad con aquellos de criticidad alta, que puedan afectar el funcionamiento y operación de los colaboradores. Así mismo será de utilidad el historial de los reportes de mantenimiento correctivo realizado a los equipos, para resolver las fallas de mayor incidencia dentro de la compañía. Este historial debe visualizarse y comprenderse mejor en el análisis de la fase 2.

La principal herramienta utilizada es la observación directa y el manejo adecuado de la información histórica que existe de los equipos instalados, pues

de ahí se desprendieron todos los análisis y técnicas necesarias para la realización del proyecto. Es muy importante conocer y analizar la perspectiva del cliente, quien a su vez brindará información por medio de encuestas y sondeos que se realizarán para acumular valiosa información de los problemas que más afectan al momento de una falla, un paro imprevisto o un equipo sin el funcionamiento óptimo.

Se crearon nuevos indicadores de desempeño, que aporten y respalden el desarrollo del plan de mantenimiento de calidad con un nuevo enfoque sistemático y con base en el modelo TPM, que aportará al funcionamiento óptimo, este ayudará a llevar un mejor control, pero que, además, apoye al cumplimiento de objetivos para alcanzar las metas tanto del departamento como de la compañía, al ejecutar las propuestas del trabajo de investigación y el desarrollo del proyecto. Las variables e indicadores que se describen a continuación, son propuesta para la ejecución del plan de mantenimiento:

- Eficiencia de mantenimiento: capacidad de cumplimiento de objetivos utilizando el mínimo de recursos posibles.
- Porcentaje de ahorro de presupuesto: capacidad de estar por debajo del presupuesto mensual establecido.
- Disponibilidad de los equipos críticos: tiempo que transcurre un equipo sin presentar fallos durante el mes, calculando 175 horas de uso mensuales para equipos de aire acondicionado y elevadores.
- Satisfacción del cliente interno: cantidad de clientes internos satisfechos vs encuestados.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de contar con un sistema de gestión calidad para el mantenimiento de los equipos críticos en la compañía de servicios y atención al cliente se realiza para la minimización del riesgo de fallos y que estos generen retrasos en el proceso de producción, o bien, algún inconveniente e insatisfacción, tanto con clientes externos, como de aquellos denominados clientes internos, que son en su esencia quienes realizan todas las tareas y quienes juegan el papel de producción y atención al cliente externo, lo cual los hace igual de importantes.

La investigación propuesta se realizó bajo un diseño no experimental, con un tipo de estudio y alcance descriptivo, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). Se reunió la información utilizando encuestas de percepción de servicio dentro de la compañía, con una muestra de 120 colaboradores, se revisaron reportes de fallas y paros en los equipos, *check list* para verificar la situación del mantenimiento, la observación y entrevista con responsables de departamento y proveedores.

La motivación que se ha tenido para abordar la investigación es que la solución que se plantea abarca toda una gestión integral de mantenimiento, desde la selección y evaluación de los proveedores, pasando por todas las tareas administrativas, planeación y ejecución de trabajos, hasta la presentación de resultados con base a indicadores que aportan a la calidad de los mantenimientos; además de los beneficios que adquirirá la compañía, generando confiabilidad en los usuarios, aumentando con esto la efectividad de las tareas de cada uno.

Para iniciar con la investigación, se determinó la gestión de mantenimiento que se tiene, a través de acercamientos con los líderes del área y con los proveedores, de este modo se analizó al departamento.

Los resultados obtenidos además del plan, criterios para la selección y evaluación de proveedores, la obtención y apertura de expediente del mismo, política de mantenimiento, tomando en cuenta los equipos obsoletos y el proceso de recambio, al ir avanzando en la investigación de campo se identificó la necesidad de realizar el diagrama de flujo para la gestión de mantenimiento pues no se tiene para dicho proceso y por último, basado al enfoque sistemático del mantenimiento se realiza el plan para el 2018, que puede ser replicado para los siguientes años, una vez se apruebe el presupuesto y esto encierra las fases de investigación las cuales responden a los objetivos planteados.

El objetivo principal fue el diseño de un plan de mantenimiento preventivo con un enfoque sistemático para equipos críticos instalados en una edificación, pero durante la etapa de investigación, se obtuvo información útil para la compañía, a través del departamento de mantenimiento, debido a que se ha realizado un diagnóstico de los equipos, con el que no se contaba y, en donde se identificó cada uno de ellos, se verificó el estado y criticidad; así mismo la gestión que se tiene para realizar los mantenimientos, cuáles son sus fortalezas y oportunidades y planteamiento de propuesta que beneficiará a la compañía, sin dejar por un lado la identificación de nuevos indicadores que sumarán a los ya controlados y que aportan un mejor control, monitoreo y seguimiento a la ejecución del plan propuesto.

Con la puesta en marcha de la gestión integral de mantenimiento, se deja reporte en las bitácoras que se deben llevar de cada uno de los mantenimientos realizados a los equipos, guardados en una base de datos que se obtuvo una

vez se realizó el levantado de inventario, principalmente en la etapa de investigación de campo, contando así dentro de los procedimientos del área con el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, políticas y requisitos que deben reunir las empresas subcontratadas y muy importante el involucramiento del departamento de mantenimiento y la alta gerencia, para lograr confianza y buen uso de los equipos por parte de todo colaborador de la empresa, así los equipos funcionen en óptimas condiciones.

El trabajo de investigación se desarrolló en cinco capítulos:

Capítulo 1: marco teórico, en esta parte del documento se abarcó toda la información necesaria para el análisis que aportó el desarrollo del trabajo de investigación, tomando como referencia proyectos similares desarrollados con detalles teóricos y técnicos y temas de interés que ayuden a entender en qué consiste cada una de las partes de la investigación.

Capítulo 2: desarrollo de la investigación, es donde se cuenta a grandes rasgos los pasos a seguir, para lograr alcanzar los objetivos, convertidos en fases que ayudarían a alcanzar el objetivo general de la investigación.

Capítulo 3: presentación de resultados, es el lugar correcto para detallar cada uno de los resultados obtenidos de la investigación, con aporte de las herramientas utilizadas se alcanzaría a presentar encuestas, análisis de causa y efecto, observaciones realizadas y acercamientos con proveedores, para identificar lo importante a cubrir durante la propuesta de solución.

Capítulo 4: discusión de resultados, se realiza una autocrítica del trabajo realizado, reconociendo lo que se esperaba y lo obtenido, además de los retos y los favores obtenidos durante la investigación. Se realizó un diagnóstico

interno para describir lo que se ha dejado de bien para la empresa y un análisis externo en donde se incluye el apoyo de proveedores y el comparativo con aquellos trabajos que se han colocado como antecedentes, aportando cada uno al trabajo y las diferencias en los resultados obtenido por uno y por otro.

Capítulo 5: propuesta de solución, se planteó el final del trabajo, todo aquello que era necesario para concluir la investigación y abordar todas las necesidades encontradas, aquí se elaboró toda la documentación necesaria que hacía falta para que el departamento de mantenimiento se reforzara, creando los perfiles de proveedores, criterios para seleccionarlos y evaluarlos, para que estos se ajusten a las necesidades, estándares y documentación de supervisión y seguimiento. Finalmente se elaboró el plan de mantenimiento preventivo que era el objetivo y las instrucciones necesarias para ponerlo en marcha en conjunto con el modelo de calidad TPM bajo un enfoque sistemático.

# **1. MARCO TEÓRICO**

El marco teórico se fundamenta en cuatro capítulos que describen las partes importantes de la investigación. En la primera parte se hace una breve descripción de las edificaciones e instalaciones, para llegar a describir la empresa en donde se realiza el trabajo de investigación. En el segundo capítulo se habla de cómo se acopla un sistema de gestión de calidad con cada una de sus características siguiendo la filosofía de mejora continua, para cumplir con un ciclo que garantice un óptimo funcionamiento del plan de mantenimiento, basado en el sistema TPM, para continuar con la esencia del proyecto, que es el mantenimiento, y cómo este ha ido evolucionando, importancia, objetivos, tipos, modelos y ventajas al realizarlo, para finalizar con una breve descripción de los equipos críticos instalados que son el objeto de investigación.

## **1.1. Edificios e instalaciones**

Son sitios dentro de la ciudad que sirven como lugar empresarial de servicio y/o de producción. Pueden ser públicos o privados, cada uno con funciones específicas y contruidos con un fin; sin embargo, deben diseñarse confortables y armoniosos con el usuario final.

### **1.1.1. Empresas**

Es un grupo de personas, bienes tangibles e intangibles, que comparten objetivos con la finalidad de obtener beneficios, interactuando en el mercado para satisfacer las necesidades y deseos del usuario final o cliente. Para cumplir con su razón de ser las empresas deben valerse de una misión,

objetivos y estrategias determinados por los altos mandos. Según la actividad a la que se dediquen, las empresas se pueden clasificar así:

### **1.1.2. Su actividad económica**

Según la actividad a la que se dediquen, estas se dividen en:

- Sector primario (agricultura)
- Sector secundario (industria)
- Sector terciario (servicios)

### **1.1.3. Su creación**

Según la constitución de la empresa, estas se dividen en:

- Empresas individuales
- Sociedades anónimas
- Cooperativas

### **1.1.4. Su tamaño**

- Grandes empresas
- PYMES (pequeñas y medianas empresas)

### **1.1.5. Sector terciario o empresa de servicio**

Es el sector económico que abarca todas las actividades relacionadas con servicios que no producen bienes. Es la parte de la economía que más aporta al producto interno bruto (PIB) y que además ocupa la mayor parte laboral de la población. Este sector tiene subsectores tales como comercio,

comunicaciones, administración pública, de finanzas, entre otros. Un servicio es toda aquella actividad esencialmente intangible que tiene por función otorgar una actividad que las personas necesitan para su satisfacción.

#### **1.1.6. Subsector financiero**

Este sector, denominado financiero, relacionado con la actividad comercial, presta servicios de interacción con las personas a través de la generación de valor por medio monetario. Las actividades que se incluyen en este sector son: bancos e instituciones financieras, y dentro de estas se incluye el mercado de seguros, asesoría financiera y arrendamiento.

#### **1.1.7. Mercado de seguros**

Es un mercado que busca el contrato en que una persona, llamada asegurador, se compromete por medio del cobro de una prima y, en caso que se produzca un evento de riesgo, se cubra e indemnice al contratante mediante los pactos antes establecidos y daños producidos, o también para la satisfacción de un capital, renta, entre otros.

#### **1.1.8. Acerca de la empresa**

Compañía de servicios y atención al cliente, dentro del sector financiero, fundada en 1947 y ha estado en constante cambio y avance en su ámbito. Fue instalada en su ubicación adquiriendo el inmueble, a partir del año 1959. Es importante mencionar que, en el año 2015, fue certificada como una empresa *Great Place to Work* a nivel Centroamericano y del Caribe. Así mismo, es una empresa certificada ISO 9001:2008 desde el 2010, a partir del 2016, ISO 9001:2015.

## **1.2. Sistemas de gestión de calidad**

Es una cadena de acciones realizadas sistemáticamente sobre elementos particulares, con la finalidad de alcanzar la calidad en todos los servicios y productos. Según Joseph Juran, con el sistema de gestión de calidad se busca planear, ejecutar, coordinar y controlar toda actividad que tiene como objetivo entregar al cliente un producto (servicio) con la calidad requerida por él. Uno de sus aspectos principales es el establecimiento de políticas claras de calidad que perfilen los lineamientos indispensables a seguir.

### **1.2.1. Características de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC)**

El SGC es la implementación de una estructura organizacional en conjunto con los procedimientos y el aseguramiento de todos los recursos que se necesitan para la implementación de métodos que cubran todas aquellas actividades que se necesitan en el ciclo de vida de un producto o servicio efectivo. Según Juran (1998), un sistema de gestión de calidad se compone de tres procesos básicos: planeación de la calidad, control de la calidad y mejora continua de la calidad.

Los procesos son todas aquellas actividades que tienen entradas y salidas, en su interior se transforman elementos para generar productos o servicios. Toda empresa u organización cuenta con procesos, aunque no precisamente los tengan identificados y mapeados. Estos emplean recursos, procedimientos, planificaciones y personas responsables que velan por el cumplimiento de toda actividad planteada en el proceso mismo.

Los procedimientos, por su parte, son la forma o el medio de realizar un proceso. Son pasos debidamente detallados que, al realizarlos, transforman las entradas del proceso en productos o servicios. Estos, según el alcance y nivel institucional de la empresa u organización, están o no documentados, con la finalidad de que toda persona pueda leerlos y comprenderlos fácilmente y que no necesite mucho más tiempo del necesario en inducción.

Figura 2. **Ejemplo de un sistema de gestión de calidad**



Fuente: [peoplecolombia.com](http://peoplecolombia.com)

### **1.2.2. Planeación de la calidad**

Son procesos que se establecen con la finalidad de buscar y desarrollar estrategias, de tal modo que se anticipe con la seguridad que con los productos y servicios se logren satisfacer todas las necesidades, y cumplir con lo que el cliente requiere en tiempo y forma, cumpliendo y sobrepasando las expectativas del cliente. Todo plan de calidad necesita identificar, clasificar y puntuar cada una de las características que son necesarias en el proceso. Al realizar una planeación de calidad se debe responder las preguntas de una organización, tales como:

- ¿A dónde se quiere llegar?
- ¿Qué se va hacer para lograrlo?
- ¿Cómo se va a realizar?
- ¿Qué se va a necesitar? (recursos necesarios como lo son: recurso humano, infraestructura y equipo, recursos monetarios, entre otros).

### **1.2.3. Control de la calidad**

Para el control de calidad se necesita la participación activa en todo proceso de los miembros que, además, caracterizan o participan en el SGC, de tal modo que los nuevos productos y servicios conserven las especificaciones de calidad establecidos. Así mismo se deben desarrollar métodos y procedimientos para los ensayos en que se determinen las características de calidad de materias primas, materiales y productos terminados.

Es un seguimiento detallado de todos los procesos existentes de una organización, con el objetivo de mejorarlos para satisfacción del cliente, y con esto aumentar la rentabilidad de la misma. Las ventajas de establecer los procesos de control dentro de una organización son:

- Orden e interrelación de los procesos de la institución
- Seguimiento detallado de todas las actividades
- Detección a tiempo de problemas para su pronta corrección

### **1.2.4. Mejora continua de la calidad**

La mejora continua, según Deming, es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es utilizada de forma habitual en empresas manufactureras, esto con el deseo de disminuir los costos

de producción con la misma o mejor calidad, también es aplicable y tiene mucho sentido para una empresa de servicio, lo cual hace que esta aventaje a sus competidores, para ello se tienen las siguientes características:

- Proceso documentado: lo cual permite que todas las personas que sean parte del proceso lo conozcan y apliquen de la misma forma cada vez que sea realizado.
- Medición constante: con esto se logra determinar estándares que permitan verificar, según la periodicidad establecida, si el resultado esperado de algún proceso se está alcanzando o no. A esto se le conoce como indicadores o KPI's.
- Involucramiento de los colaboradores: es importante que todas o algunas personas seleccionadas estén involucradas y es parte fundamental, pues estos son los que tienen participación directa con la producción o servicio.

Existen diversas metodologías que se asocian a la mejora continua, sin embargo, existe una piedra angular llamada Ciclo de Deming, que resume la forma de resolver cualquier problema del proceso.

Figura 3. Sistema de gestión de la calidad



Fuente: calidad-gestion.com.ar

### 1.2.5. Ciclo de Deming

También conocido como ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) por sus siglas en inglés, se refiere a una estrategia de pasos necesarios que deben llevarse de manera sistemática para lograr la mejora continua, que puede incluir disminución de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, entre otros, según Deming.

El PDCA lo componen cuatro etapas cíclicas, lo cual quiere decir que una vez se llegue a la última de las etapas se vuelve a la primera para así repetir el ciclo nuevamente. Todas las actividades son evaluadas continuamente con la finalidad de buscar nuevas mejoras al sistema. Las cuatro etapas son:

### **1.2.5.1. Planificar**

En esta etapa, se asegura que el proyecto que se ha seleccionado dentro de la organización es importante, por lo que se establecen objetivos. Para lo anterior se busca y recopila información dentro de la organización; esta información puede ser: indicadores de competitividad del negocio, los cuales deberían representarse de forma gráfica para su interpretación por parte de todos los trabajadores, con lo que se busca escuchar las opiniones de estos; la información también incluye alternativas tecnológicas, entre otros aspectos.

### **1.2.5.2. Hacer**

En esta etapa, el equipo técnico que previamente se selecciona pretende identificar la causa raíz del problema y con esto proponer posibles soluciones que mitiguen los problemas. Para esto son recomendables distintas formas de recopilar la información teórica, entre ellas, la más utilizada y que promueve la participación del equipo es la lluvia de ideas, lo que generará una lista de ideas que debe ordenarse por categorías para representar un diagrama de causa-efecto, el cual fue desarrollado por Ishikawa.

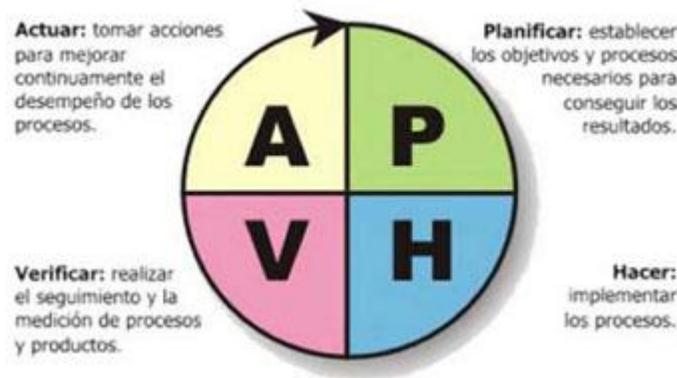
### **1.2.5.3. Verificar**

Existen distintas formas o técnicas a través de las cuales se puede ir verificando el proceso o control, entre las más utilizadas están los histogramas, gráficos de control o tendencias, pues en estas formas visuales se pretende demostrar toda mejora implementada de las evidencias de la fase anterior.

#### 1.2.5.4. Actuar

En esta fase se busca la incorporación hacia el siguiente ciclo de mejora en la planeación, los ajustes necesarios que se identificaron, se establecieron y realizaron y ahora están evidenciados gracias a la fase de verificación. Esta fase consiste en incorporar al siguiente ciclo de planeación todos aquellos arreglos necesarios que se hayan comprobado en la fase de verificación, tal como plantea el objetivo primordial de la mejora continua, según el ciclo de Deming: la resolución de cada uno de los problemas uno tras otro sin detenerse.

Figura 4. **Ciclo de la mejora continua**



Fuente: fundamentos de administración 2016

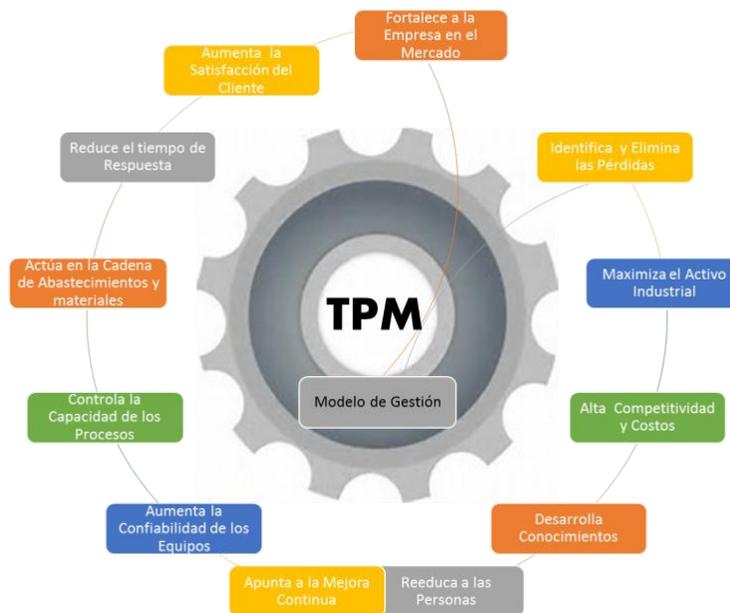
#### 1.2.6. Gestión de calidad: metodología TPM

Thomas Powel (1995) menciona que el TPM es un método para mejorar e incrementar la productividad. Consiste en la aplicación práctica de datos sobre disponibilidad, cumplimiento del programa y calidad del producto y/o servicio. Con base en estas mediciones se busca la eficiencia de los equipos y que estos

alcancen su óptimo funcionamiento. El TPM no es una simple estrategia de mantenimiento, sino un enfoque más integral de los mejoramientos de productividad y eficiencia. Está enfocado en la maximización de la eficacia y disponibilidad de los equipos, a través de un plan de mantenimiento productivo, tan amplio que dure la vida útil de los mismos.

Es importante el involucramiento de todas las áreas relacionadas con el proceso, desde la alta gerencia hasta los operarios que promuevan el mantenimiento con base en la motivación, a través de la interacción de personas agrupadas en ya establecidos grupos menores de trabajo.

Figura 5. **Enfoque TPM**



Fuente: [www.autobodymagazine.com](http://www.autobodymagazine.com)

### **1.2.7. Historia del TPM**

Durante distintos años se han tenido diversas etapas hasta llegar al mantenimiento productivo total, pasando por tres importantes, comenzando con el mantenimiento correctivo. Este se basa exclusivamente en la reparación de los equipos, en que se omitían la búsqueda de fallas o averías y, cuando habían reparaciones, no se les daba el seguimiento necesario para verificar que no sucediera de nuevo el problema. Luego se trabajó en el mantenimiento preventivo, en que se buscan posibles fallas y se corrigen antes que generen algún paro no deseado en el equipo.

Con las distintas metodologías de trabajo se fue buscando mayor rentabilidad económica con base en la productividad, que a su vez requería del funcionamiento óptimo de los equipos, por lo que se transformó la perspectiva y el enfoque fue dirigido a detectar y prevenir todos aquellos fallos que podrían tenerse.

Menciona Seiichi Nakajima (1989), el mantenimiento productivo, que aparece hasta los años sesenta, lo cual constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM. Esta fase incluye los principios del mantenimiento preventivo, pero se le agrega un plan de mantenimiento durante la vida útil de los equipos, lo cual incluye índices con el objetivo de que esto sea de fiar. Se llega al TPM y comienza con su implementación en Japón en los años sesenta, incluye conceptos nuevos en los que se destaca el mantenimiento autónomo, que es realizado por los mismos operarios. Al aplicar el sistema TPM en una compañía se nota en la reducción significativa de costos, la satisfacción al cliente y la fiabilidad de los equipos, así como en su disponibilidad.

### **1.2.8. Objetivos del TPM**

Fabiola Bojorquez (2008), señala como los objetivos sobresalientes del TPM:

- Reducción de averías o fallas en los equipos
- Utilización eficiente de los equipos
- Satisfacción del cliente final
- Control y seguimiento
- Entrenamiento constante

#### **1.2.8.1. Objetivos estratégicos**

El sistema TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas y la reducción de costos operativos.

#### **1.2.8.2. Objetivos operativos**

El sistema TPM tiene como propósito en las tareas habituales que los equipos instalados operen sin averías y no presenten fallas, mejorando la fiabilidad de los equipos y que estos operen en su capacidad óptima.

#### **1.2.8.3. Objetivos organizativos**

Con el sistema TPM se busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementando la moral de los trabajadores, donde todos puedan aportar y ser parte esencial de las soluciones, creando un mejor ambiente laboral.

### **1.2.9. Metas del TPM**

El TPM, según lo indica Bojorquez, tiene seis grandes metas a cumplir con el apoyo de los empleados de la compañía:

- Crear misión para aumentar la eficiencia y disponibilidad de los equipos.
- Utilizar un enfoque en productividad y mantenimiento autónomo.
- Involucramiento de todos los departamentos de la organización.
- Implantación óptima del mantenimiento, supervisado y administrado por un departamento de mantenimiento.
- Programación de gestión de mantenimiento y búsqueda de problemas antes de poner en marcha un equipo nuevo.

### **1.2.10. Ventajas y desventajas del TPM**

Al someter un equipo a la filosofía TPM se eleva el desempeño óptimo de este, corrigiendo cualquier avería o falla en este. Será adaptado y modificado, según sugerencias del operario o supervisor en conjunto con el departamento de mantenimiento, abarcando desde el equipo hasta el área en la que se encuentra el mismo.

Ventajas:

- Integración de equipos que buscan trabajos de mantenimiento con resultados de alto alcance y enriquecidos, por medio del grupo.
- Idea de calidad total y mejora continua.

Desventajas:

- Oposición al cambio de cultura.

- Inversión en capacitación y cambios físicos necesarios, por la implementación.
- Tiempo largo de implementación.

### **1.2.11. Beneficios del TPM**

Los beneficios al implementar el TPM pueden ser de diversos tipos:

Organizacionales:

- Mejora del ambiente de trabajo
- Control de operaciones
- Sentido de pertenencia
- Cultura de responsabilidad, disciplina y respeto
- Capacitación constante
- Participación, colaboración y creatividad

Seguridad:

- Condiciones ambientales favorables
- Prevención de eventos negativos a la salud
- Capacidad de identificación de problemas
- Prevención de riesgos

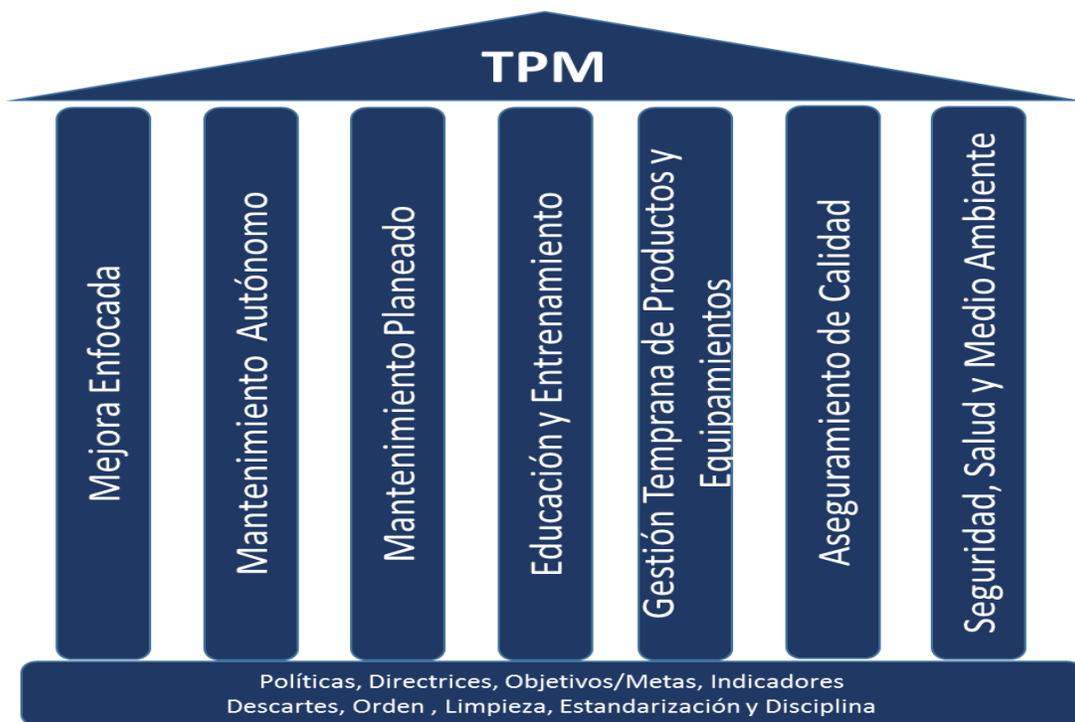
Productividad:

- Eliminación de pérdidas que afecten la productividad
- Fiabilidad y disponibilidad de equipos
- Reducción de costos de mantenimientos correctivos y preventivos
- Calidad de ambiente a los colaboradores
- Menor costo por cambios

### 1.2.12. Pilares del TPM

Los pilares por los que está sostenido el TPM y que sirven como apoyo para la construcción de un sistema de producción de manera ordenada, sistemática y que, además, se deben combinar durante el proceso de implantación de forma lógica, son los que a continuación se describen:

Figura 6. Pilares TPM



Fuente: [www.autobodymagazine.com](http://www.autobodymagazine.com)

#### **1.2.12.1. Pilar 1: mejoras enfocadas (Kaizen)**

Las mejoras enfocadas se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, empleando la metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de todos los despilfarros.

#### **1.2.12.2. Pilar 2: mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)**

Este está compuesto por un grupo de actividades que deben ser realizadas día a día por los encargados de las máquinas. Incluye inspección, lubricación (si fuera necesario), limpieza e intervenciones menores, así como el cambio de piezas, con la finalidad de mantener el equipo en óptimas condiciones para su funcionamiento. Para lo anterior, los colaboradores deben ser capacitados para aumentar los conocimientos necesarios al operar los equipos.

#### **1.2.12.3. Pilar 3: mantenimiento planificado (Keikaku Hozen)**

Es uno de los mantenimientos más importantes para buscar los beneficios. Su propósito es avanzar de manera correcta a la meta establecida de cero fallas.

#### **1.2.12.4. Pilar 4: capacitación**

Se consideran todas las actividades a realizar para el desarrollo de habilidades, para alcanzar altos niveles de desempeño de los colaboradores en la organización.

#### **1.2.12.5. Pilar 5: mantenimiento oportuno**

Este pilar tiene en consideración la mejora tecnológica, actualizando oportunamente los equipos y su funcionamiento para que este sea libre de fallos. Para su desarrollo participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología, mantenimiento, entre otros.

#### **1.2.12.6. Pilar 6: mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen)**

Este pilar tiene como finalidad establecer las condiciones buscando cero defectos. Busca verificar y medir las condiciones en que se generen defectos de calidad.

#### **1.2.12.7. Pilar 7: mantenimiento en áreas administrativas**

Se busca la reducción de las pérdidas que se producen en trabajos manuales. Ayuda a evitar pérdida de información, empleando técnicas como: 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación, formación y estandarización de trabajos.

#### **1.2.12.8. Pilar 8: gestión de seguridad, salud y medio ambiente**

Con este pilar se busca la creación de un sistema de gestión de seguridad. Contribuye a la prevención de riesgos que pudieran afectar la integridad de personas y efectos adversos al medio ambiente.

#### **1.2.13. Las pérdidas del TPM**

Las pérdidas que a continuación se detallan deben ser consideradas antes de la implementación, midiendo la eficiencia y mejoras, además de detallarlas y cuantificarlas, por lo que TPM las identifica como grandes pérdidas.

- Pérdidas por fallas: pueden ser obvias o fáciles de corregir y fallas complicadas. Se denomina pérdida debido a que se interviene gran cantidad de tiempo.
- Pérdidas por paros menores: son causados por interrupciones o tiempos de espera.
- Pérdidas de velocidad: se dan por la reducción de la velocidad de operación, debido a la satisfacción. Ocurren defectos por calidad y paros menores frecuentes.
- Pérdidas por defectos de calidad y retrabajo: bienes fuera de especificaciones, defectuosos, producidos durante la operación, los cuales deben ser retrabajados o eliminados.
- Pérdidas por rendimiento: son causados por todos los equipos o materiales sin utilizar.
- Pérdidas de defectos ocultos: pueden reducirse y eliminarse, si se aumenta la confiabilidad de los equipos.

### **1.3. Mantenimiento**

William Olarte (2010) menciona que el mantenimiento es el conjunto de todas aquellas actividades que se realizan para asegurar la continuidad en las funciones por las cuales fueron creados o diseñados todos aquellos activos de una empresa. Consiste en realizar en forma periódica distintas tareas que buscan en sí la conservación, de la mejor manera posible, de las condiciones de cualquier equipo. Es una actividad humana que garantiza un servicio de calidad, para que continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, según indica Carlos Zapata (2009) en su trabajo de investigación.

Según Edithmar Tillerio (2009), el mantenimiento ha ido evolucionando grandemente al pasar el tiempo, esto ha hecho que se generen nuevos procesos y técnicas que han marcado las empresas, por lo que las teorías de mantenimiento día a día adquieren una posición más relevante en el plano internacional. Para algunos resulta un esfuerzo que no debe eludirse, pues se convierten en herramientas indispensables de la disciplina tecnológica.

#### **1.3.1. Importancia del mantenimiento**

Siendo la compañía en la cual se realiza el trabajo de investigación una edificación, está habitada por más de setecientos colaboradores que prestan servicio de forma directa e indirecta hacia los clientes. Parte importante es contar con puestos de trabajo e instalaciones que deben estar en óptimas condiciones para evitar lo más posible que los colaboradores tengan inconformidades o malestares al desempeñar sus labores, o bien, los mismos visitantes al encontrarse con un ambiente tenso. Al contrario, es importante que disfruten de condiciones confortables y adecuadas para las tareas que se desarrollan, es por esto que los equipos deben trabajar siempre en condiciones

óptimas y sobre un plan de gestión de mantenimiento, el cual debe ser de calidad y bajo estándares que permitan minimizar interrupciones y/o fallas que dificulten o incomoden la realización de las tareas.

La importancia del mantenimiento radica en que, al adelantarse a mantener o preservar en óptimas condiciones los equipos, se evita que sus piezas internas, vitales para el funcionamiento, se desgasten, o bien, se permite que su vida útil y funcionalidad se prolonguen sin necesidad de ser sustituidos por su avería o defecto. Tillerio lo ve desde dos puntos de vista distintos:

#### **1.3.1.1. Importancia desde el punto de vista de la gestión**

En el aspecto de gestión, siendo cualquiera de los mantenimientos que se apliquen, se toman como gastos de este servicio únicamente aquellos que producen un costo, debido al servicio y conservación de instalaciones y edificios; además de las reparaciones varias para los equipos y mobiliario. Además de estos, hay otros costos que no se toman en cuenta a la hora de adquirir equipos, como el de actualización o reemplazo, y que a su vez, debería integrar el presupuesto de la compañía dependiendo de la caducidad o tiempo de vida de los equipos. Por tal razón, el servicio de mantenimiento en un edificio de oficinas no consiste solamente en mantener las instalaciones físicas en buen estado, sino también de los equipos instalados, porque de no realizar una buena gestión de mantenimientos podría causarse al aumento de costos por la necesidad de equipos nuevos.

### **1.3.1.2. Importancia desde el punto de vista del trabajador**

El usuario final de las instalaciones, en cada una de las áreas que componga la compañía, debe percibir el servicio de mantenimiento que se les da a los equipos, ofreciéndoles un buen servicio al respecto de las instalaciones en términos de seguridad, comodidad y procurando no entorpecer sus tareas con un entorno desagradable. Es importante mencionar que todo aquel mantenimiento que se les dé a los equipos debe ser en horarios fuera de oficina para que no se interfiera con las actividades de cada colaborador.

### **1.3.2. Objetivos del mantenimiento**

Según William Olarte (2010), el objetivo principal del mantenimiento es planear, programar y controlar todas las actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en cada una de las áreas. Con esto garantiza el funcionamiento regular de los equipos instalados y servicios destinados, se evita el envejecimiento prematuro de los equipos conservándolos por más tiempo, y se reducen los gastos por mantenimientos correctivos, o bien, por suministro de piezas que se pueden mantener o prolongar su vida útil. Con el desarrollo de un plan de mantenimiento, basado en metodologías de calidad, se pretende implementar y mejorar en forma continua la estrategia de servicios, para asegurar así la satisfacción de los clientes mediante buenas prácticas que además son económicas y seguras para la compañía en general.

### **1.3.3. Tipos de mantenimiento**

A continuación, se mencionan los distintos tipos de mantenimientos más reconocidos y habitualmente utilizados en el medio local. Estos se distinguen unos de otros, por el tipo de control que se lleva sobre el estado de los equipos y/o maquinaria, los medios que se utilizan para el control y la forma en que se actúa ante cualquier situación que suceda. Cabe mencionar que cualquiera que sea el tipo de mantenimiento a utilizar, para que sea óptimo, se debe primero clasificar y descubrir las ventajas que verdaderamente aporta a la compañía, según los equipos instalados.

#### **1.3.3.1. Mantenimiento correctivo**

Según Guillermo Navas (2010), es uno de los tipos más utilizados y consiste en reparar las instalaciones que estén averiadas y en rectificar los deterioros de los equipos mismos. Puede actuarse de manera aleatoria, en general cuando ocurre una avería inesperada por causa de una fatiga u otro fenómeno, o bien, puede estar programado, lo cual se debe ver reflejado en el mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se puede efectuar en donde está el equipo instalado, o bien, trasladándolo a un centro asistencial especializado en el tipo de equipo que es. Esta debería ser la última opción, pues esto indica la falta de previsión, para la realización de mantenimiento preventivo, con el que se podría ahorrar y alargar la vida útil de los equipos.

#### **1.3.3.2. Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento busca la eliminación o bien la reducción de averías, fallas y paros repentinos de los equipos en las instalaciones. Esto se puede lograr eliminando la causa por la cual existe una avería o anticipándose

al defecto, avería o falla. La idea principal del mantenimiento preventivo es adelantarse en el tiempo a este tipo de situaciones, y es la que siempre se debe buscar. Uno de los indicadores que se pueden adoptar es la eficacia en la disminución desde la implementación, según Santiago García (2009). Como lo indica Navas, una buena manera de hacer que este tipo de mantenimiento funcione es velando por el estado de los equipos instalados. Esto se realiza, a través de inspecciones, verificaciones, revisiones y pequeñas observaciones. A corto plazo aumenta el número de operaciones de mantenimiento por el seguimiento constante; sin embargo, estas pueden ser transformadas en inspecciones programadas, lo que más adelante beneficiará a la empresa, pues el número de mantenimientos se reducirá y los costos por cambios, modificaciones u otros también. Hasta hoy en día este tipo de mantenimiento no es bien visto por algunos responsables de guiar las instituciones, pues se tiene el pensamiento erróneo que quita demasiado tiempo y aumenta el trabajo de las personas, pero es interesante cómo al aplicarlo no solamente aumenta la comodidad sino también la calidad del servicio que se presta para los colaboradores, además que ocurre la reducción de gastos innecesarios por dejar sin mantenimiento los equipos.

### **1.3.3.3. Mantenimiento predictivo**

Lo interesante de este tipo de mantenimiento es que está basado en su totalidad en descubrir una falla antes de que ocurra, con la intención de corregir sin que el servicio se detenga ni afecte el uso de las instalaciones o en su defecto de los equipos instalados. Se basa en llevar controles que deben ser de forma periódica o continua, en función de los tipos de equipos instalados. Es importante mencionar que para este tipo de mantenimiento es necesario y vital contar con instrumentos que ayuden a diagnosticar, así como con aparatos de pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de

temperatura de piezas, mediante cámaras termo gráficas, entre otros. Este tipo de mantenimiento ayuda a disminuir los costos por correcciones en un 15 % y en un 75 % el número de trabajos no programados (correctivos); sin embargo, sí se debe invertir en los equipos necesarios para los diagnósticos.

#### **1.3.4. Modelos de mantenimiento**

Los modelos de mantenimiento que a continuación se describen, con el apoyo de Santiago García (2009), incluyen varios de los tipos de mantenimiento mencionados anteriormente. Estos incluyen dos actividades básicas: inspección visual y lubricación, debido a que está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable, esto incluso en el modelo más sencillo que se verá como modelo correctivo, en el que, como en la práctica, se abandona el equipo al destino y no se vuelve a él hasta que resulta con alguna falla; sin embargo, es conveniente observarlo al menos una vez al mes y lubricarlo con base en sus características. Estas inspecciones no tienen asociado un costo, pero permitirán detectar averías de manera sencilla y sin duda se podrán resolver antes de que se detecte un problema serio y a un menor costo.

##### **1.3.4.1. Modelo correctivo**

Es el modelo más básico y sencillo, pero a diferencia del mantenimiento correctivo incluye las inspecciones visuales, la lubricación mencionada anteriormente y la reparación de averías. Este modelo está diseñado para su aplicabilidad en equipos con bajo nivel de criticidad, es decir, que al momento de fallar no ocasionen problemas de ningún tipo en las instalaciones.

#### **1.3.4.2. Modelo condicional**

Va de la mano con el modelo correctivo, incluyendo las mismas actividades, pero adicionalmente se realiza una serie de pruebas o ensayos que servirán para tomar decisiones posteriormente. De manera programada se intervendrá sin afectar el funcionamiento y disponibilidad para el usuario, si al realizar las distintas pruebas o ensayos no se encuentra ningún inconveniente, este se tomará como bueno y no se intervendrá sobre el equipo. El modelo condicional es bien utilizado para aquellos equipos de bajo uso o bien equipos que, a pesar de ser importantes en el área o en donde estén instalados, tienen una baja probabilidad de falla.

#### **1.3.4.3. Modelo sistemático**

El modelo sistemático incluye tareas que se realizarán sin importar cuál es la condición del equipo. Al igual que en los anteriores modelos, las principales actividades son algunas mediciones y pruebas para decidir si se realizan otras tareas de mayor importancia para, por último, ejecutar y trabajar sobre las averías que surjan. Este modelo se puede introducir para aquellos equipos de disponibilidad media y con importancia significativa en los distintos procesos, sobre todo en aquellos que, al fallar, puedan causar retrasos o inconformidades. Es importante mencionar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos que lo conforman. No se debe esperar a que este tenga un síntoma de fallo, como se espera en los anteriores dos modelos, para realizar las tareas.

#### **1.3.4.4. Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad**

Este es el modelo de naturaleza más exigente y exhaustiva de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento y, además, trabajan a niveles exigentes de disponibilidad por encima del 90 %. El motivo es porque, al fallar o averiarse, la pérdida de producción genera un alto costo. Lo importante de mencionar en este caso es que, por la alta exigencia, no se cuenta con el tiempo necesario para un mantenimiento, es decir, no se puede estar parando el equipo por cualquier tipo de mantenimiento. Para este caso es necesario emplear el tipo de mantenimiento predictivo, aplicado en marcha y programando paros que suponen una revisión general y meticulosa con frecuencias muy altas, anuales o mayores. En estos paros se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste y que tienen alta probabilidad de fallo, esto observado y diagnosticado con las distintas pruebas y gracias a los equipos empleados.

#### **1.3.5. Ventajas de contar con un plan de mantenimiento**

Mencionado por Gabriel Sierra (2004), las principales ventajas de contar con un tipo de mantenimiento por similitud preventivo y predictivo son:

- Reducción de tiempos por paros y/o fallas
- Optimización de la gestión del personal de mantenimiento
- Seguimiento constante
- Toma de decisiones sobre las paradas inesperadas de los equipos
- Tiempo justo para la decisión de compra de nuevas piezas o equipos
- Conocer historial de correcciones realizadas
- Facilidad de análisis de por averías

A pesar de todas las ventajas que se describieron anteriormente, estos dos tipos de mantenimiento en edificios de oficinas rara vez se llevan a cabo, porque los directivos suponen un alto costo, más la complejidad técnica de acceso a donde se instalan los equipos en las edificaciones. Sin embargo, estos tipos de mantenimientos son adecuados en edificaciones que dentro de sus oficinas poseen equipos de climatización, transporte y generación eléctrica, entre otros equipos de este tipo.

#### **1.4. Equipos críticos**

Octavio Figueroa (2015), indica que son aquellos equipos que existen en cualquier compañía, de los cuales no se puede prescindir, dado que son elementales para el funcionamiento y atención de esta y, en caso estos presenten algún tipo de falla, el proceso productivo y los colaboradores o clientes se verían enormemente afectados.

##### **1.4.1. Equipo de climatización: aire acondicionado**

Es un sistema de refrigeración que se utiliza para refrescar los ambientes. Aunque al mencionarlo se hace referencia al aire en sí, es más bien el equipo que se instala en cualquier área con la finalidad de proveer aire fresco que se renueva constantemente. El aire acondicionado funciona, a partir de la circulación del aire de un espacio cerrado. Menciona Rafael (2015) que hay dos tipos principales de sistemas de aire acondicionado: los centralizados y los autónomos, siendo estos últimos los más comunes; para áreas de mayores dimensiones, como edificaciones, el ideal es el centralizado.

Figura 7. **Equipos de aire acondicionado**

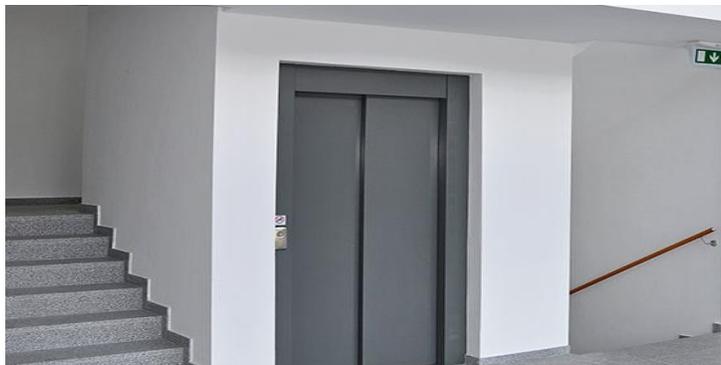


Fuente: [www.refrigeracionernest.com](http://www.refrigeracionernest.com)

#### 1.4.2. **Equipo de transporte: ascensor**

Un ascensor, llamado también elevador, es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar a personas, objetos o ambas, de un nivel a otro en una edificación. Está constituido por partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan en conjunto para su funcionamiento según lo menciona Rafael Fernández (2012).

Figura 8. **Equipos de transporte**



Fuente: [ascensoresymas.com](http://ascensoresymas.com)

### 1.4.3. Equipo de generación eléctrica: planta de emergencia

Las plantas de emergencia son equipos que se encargan de generar energía eléctrica por períodos de tiempo, cuando el suministro de electricidad falla, debido a algún corte, irregularidad en el servicio o descarga por tormenta eléctrica (Diego Silva 2010). Comúnmente las plantas de emergencia son requeridas por grandes empresas, siendo estas compañías las que no pueden poner en riesgo sus operaciones y equipos, los cuales necesariamente en todo momento requieren contar con electricidad, en caso contrario, no se tendría un respaldo de energía que pudiera reemplazar la energía comercial y significaría pérdidas de equipos, paros de producción, inconformidad y molestia en usuarios y clientes y hasta pérdidas monetarias.

El funcionamiento de las plantas de generación eléctrica se da por medio de motores de combustión que cuentan con un sistema que genera campos electromagnéticos en su interior. Estos equipos tienen usos y aplicaciones industriales, corporativas, comerciales y residenciales, entre otros.

Figura 9. Equipos de generación eléctrica



Fuente: [renthalservices.com](http://renthalservices.com)

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el cumplimiento de la fase 1 de la investigación, se realizó una revisión documental, para identificar con lo que se cuenta dentro de la compañía, asegurando que se vuelve útil para cualquier etapa, ya sea para una mejora o bien para realizar un cambio definitivo. Así mismo, se identificaron y describieron las funciones que cada equipo tiene, agrupados de tal manera que se reduzca la cantidad de descriptores, es por esto que se realizó un recorrido con el personal a cargo del mantenimiento (*outsourcing*) para el levantado y lista de equipos instalados, así mismo para su fácil identificación se colocó una etiqueta en cada uno, que servirá para el plan de mantenimiento a proponer.

En la primer etapa, se realizó una encuesta con la finalidad primeramente de conocer el pensamiento que tienen distintos colaboradores en cuanto al mantenimiento de los equipos y sobre todo en el momento en que se tiene alguna falla, recordando que los colaboradores tienen la oportunidad de calificar al departamento en el servicio que se les brinda y en donde la calificación ha sido constantemente afectada por problemas en donde el departamento la toma como de “fuerza mayor”, así mismo dirigida para verificar la forma y frecuencia de uso por lo cual, se convierten en equipos críticos.

Seguido en la fase 2, se describieron y analizaron los factores críticos correspondiente al mantenimiento con el que se ha trabajado, con el aporte de los proveedores de servicio para identificar la forma en que se realiza el mantenimiento antes de las mejoras propuestas mediante un *checklist* y la observación directa, para realizar un análisis de causa y efecto, con la finalidad de encontrar los errores en el proceso de mantenimiento para los equipos y así

soportar la propuesta y desarrollo del nuevo plan de calidad de los mantenimientos, reforzados con la metodología TPM.

En la fase 3, se desarrollaron perfiles de los distintos proveedores que se adecuen a las necesidades encontradas, los estándares, documentación de supervisión, seguimiento, control y monitoreo de los equipos, para que estos sean respaldos para futuras atenciones o requerimientos necesarios. Así mismo, se implementan políticas de mantenimiento que aporten a la compañía para la renovación y/o actualización de sus equipos y que estos no fallen por su estado caduco o el retraso del suministro de repuestos, dado que en el mercado se encuentre discontinuado alguno.

En esta etapa ultima, al concluir con la parte documental se propone un plan de mantenimiento alineado al modelo de gestión de calidad TPM, con un enfoque sistemático que garantice la efectividad, funcionalidad y disponibilidad de cada uno de los equipos dentro de la edificación e instalaciones.

## **2.1. Descripción de la empresa**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en una compañía de servicios en el mercado de seguros, la edificación central se ubica en la ciudad capital de Guatemala, específicamente en la zona 4 de la ciudad capital. Se tomó a la empresa en general como área de estudio, debido a que el plan de mantenimiento es para todo equipo instalado de criticidad alta, se llevaron a cabo recorridos y acercamiento con los colaboradores, para lograr escuchar las necesidades y con esto que la percepción cambie.

La empresa es muy distinta a la que en sus inicios fue fundada, a través de los años presenta diversos cambios que van desde el número de

colaboradores, hasta la modificación y expansión de sus instalaciones y por ende sus equipos, esto debido a la demanda y crecimiento del mercado. Como se ha mencionado, gracias a esa expansión de la empresa, existen equipos que se hacen necesarios para la comodidad, tanto de los colaboradores como de los clientes.

## 2.2. Descripción del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento en sí, es un departamento con mínimo personal dedicado al mantenimiento de equipos, para lo cual se presenta a continuación el organigrama del departamento.

Figura 10. **Organigrama de departamento**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1. Funciones por puesto

- **Jefatura de mantenimiento, seguridad e higiene:** este puesto tiene a bien la administración del mantenimiento de infraestructura y equipos, así como el rediseño de áreas de trabajos con base a la legislación laboral vigente, para que los colaboradores y clientes cuenten con infraestructura física en óptimas condiciones.
- **Supervisor de mantenimiento, seguridad e higiene:** tiene como responsabilidad controlar el mantenimiento preventivo y correctivo a equipos e infraestructura, además de verificar el cumplimiento de políticas de Seguridad e Higiene en base a los lineamientos institucionales para que los colaboradores y clientes cuenten con las instalaciones en óptimas condiciones, este proceso incluye, el proceso de compra de insumos, el procedimiento de pago a proveedores y coordinación de tiempos para ejecución de trabajos.
- **Auxiliar de mantenimiento, seguridad e higiene:** dentro de sus atribuciones tiene la inspección del mantenimiento de la infraestructura, es decir la higiene o limpieza de áreas, trabajos en mobiliario y algunos de los equipos de la compañía, con la finalidad de que los colaboradores y clientes encuentren las instalaciones limpias y mobiliario en buen estado de acuerdo al rol de la compañía.

### 2.3. Descripción del equipo con que se cuenta

Los equipos críticos con que cuenta la empresa, y que además son fundamentales para la operación, bienestar y comodidad de los colaboradores se detallan a continuación:

- 3 generadores eléctricos, los cuales sirven de auxiliares cuando la corriente eléctrica se corta, dejando en funcionamiento con ello a las operaciones en las 2 torres que conforman las instalaciones.
- 68 equipos de aire acondicionado, dentro de los cuales están chillers con capacidad de 80 toneladas, condensadoras, evaporadoras, equipos tipo Split y paquete, los cuales están distribuidos en áreas comunes de trabajo para climatización de las mismas.
- 3 elevadores, 2 principales de cada torre y 1 auxiliar utilizado como extra por la cantidad de colaboradores existentes en las instalaciones.

#### **2.4. Identificación de equipos críticos**

Se gestionó a través de proveedores, para lo cual se procedió a la revisión por nivel del equipo instalado, verificando el estado del mismo el cual puede estar habilitado, inhabilitado o bien puede encontrarse que no se tenga registro del mismo por las áreas que se encuentran restringidas por seguridad del área tecnológica, así mismo, se clasifica según su criticidad por el funcionamiento o área en que se encuentre, para esto, el criterio; si el equipo se encuentra en alguna bodega o pasillo no será crítico, caso contrario si el equipo se encuentra en sala de juntas, áreas comunes, oficinas o nodos tecnológicos serán equipos críticos, se procede a registrarlos con un código que estará en una base de datos en donde se registrará cada uno de ellos y servirá como base para la elaboración del plan de mantenimiento que se necesita registrar.

A continuación se muestra un extracto del listado de equipos instalados (ver anexo 4) en la compañía, la cual posee la información de cada uno descrita

anteriormente y seguido por el diseño de calcomanía utilizada para la identificación de los equipos:

**Tabla I. Identificación de equipos críticos**

No.	NOMBRE DEL EQUIPO	UBICACIÓN	SERIE	ESTADO	CLASIFICACION	CÓDIGO
1	Planta Eléctrica Allis Chalmer	Sótano 1		habilitado	crítico	PE-EC-C-001
2	Planta Eléctrica Onan	Sótano 1		habilitado	crítico	PE-EC-C-002
3	Planta Eléctrica FG Wilson	1er. Nivel.		habilitado	crítico	PE-EC-C-003
4	Chiller 1	Sótano 1		habilitado	crítico	CH-EC-C-001
5	Chiller 2	Sótano 1		habilitado	crítico	CH-EC-C-002
6	SPLIT	Sótano 1		sin registro	crítico	MS-EC-C-001
7	Condensadora	Sótano 1		sin registro	no crítico	MS-EC-NC-002
8	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-001
9	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-002
10	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-003
11	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-004
12	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-005
13	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-006
14	Manejadora	Sótano 1		habilitado	crítico	MA-EC-C-001
15	Manejadora	Sótano 1		habilitado	crítico	MG-EC-C001

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Calcomanía de identificación de equipos

<b>Criticidad de equipo:</b> <input type="radio"/> Alta <input type="radio"/> Baja	
<b>Nombre:</b> _____	<b>No.</b> _____
<b>Ubicación:</b> _____	<b>Estado:</b> _____
<b>Serie:</b> _____	<b>Código:</b> _____
<b>Fecha de inspección:</b> _____	

Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Análisis del departamento de mantenimiento

En general, el departamento de mantenimiento no es quien realiza las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, sino son entes externos quienes se encargan de realizarlos de manera aleatoria, no se tiene reporte que el personal que realiza los mantenimiento hayan tenido algún tipo de capacitación específica para las tareas realizadas, esto debido a que son empresas independientes y sus procesos de reclutamiento, selección, capacitación e inducción es ajeno en su totalidad al proceso de la empresa en donde se elabora la investigación.

Se ha observado en los distintos acercamientos hacia el servicio que se le da a los equipos, que el tipo de mantenimiento en gran parte de los mismos son correctivos, dicha situación es indeseada, pues al ocurrir una falla significaría una paro en cualquiera de los equipos y se caería en la posible

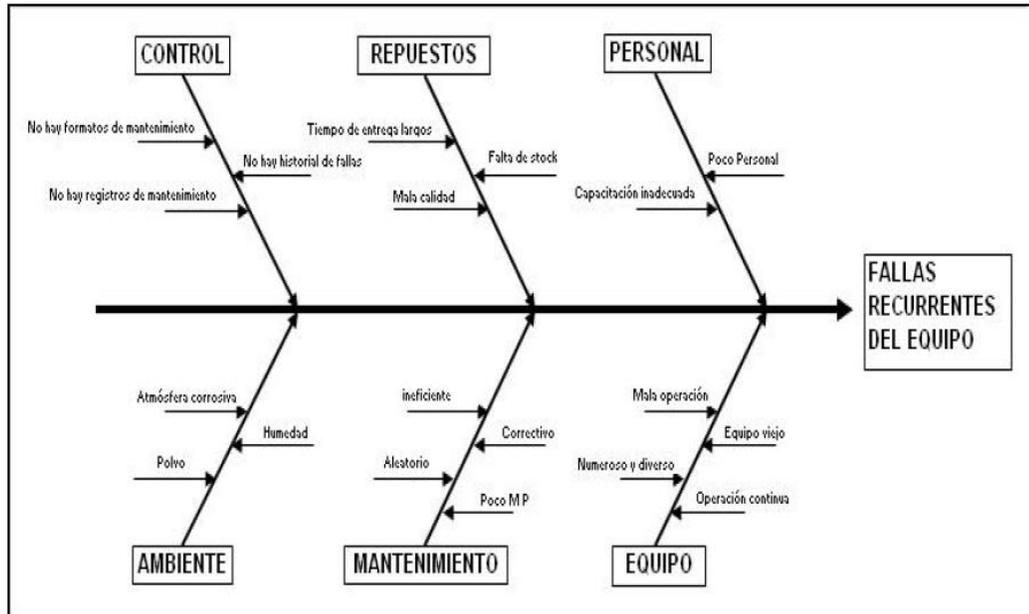
insatisfacción del cliente, lo cual como ya lo hemos observado en la descripción de gráficas es común.

Las empresas externas son quienes tienen los formatos de la entrega de trabajos realizados (*checklist*), son las encargadas de llenar cada hoja por equipo instalado, cuando se realiza cualquier mantenimiento, en las hojas de descripción no se indica a que parte del equipo se le ha realizado, así mismo el supervisor del departamento es quien se encarga de la administración del mismo, compras, pagos a proveedores, indicadores de desempeño, entre otras, situación que provoca que algunas veces el tiempo de la jornada de trabajo no le sea suficiente para supervisar los trabajos de mantenimiento, con lo que el registro y control es muy baja.

En cuanto a los repuestos necesarios para sustitución en los equipo, en gran parte de los casos deben ser importados y su entrega demora lo que hace que se busquen alternativas genéricas lo cual no es recomendable, no se tiene un stock que permita reemplazar de inmediato.

En general, para visualizar la situación actual del departamento con respecto a las fallas recurrentes de los distintos equipos en estudio de esta investigación, se presenta en forma gráfica en un diagrama de causa y efecto.

Figura 12. Diagrama de causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

## 2.6. Descripción de análisis causa y efecto

Las fallas recurrentes son debidas a distintos factores, los cuales se puntuaron en el diagrama de causa y efecto anterior y que a continuación se describirá.

### 2.6.1. Personal

- Se observó durante el acercamiento con el departamento el poco personal con el que cuenta y la diversidad de tareas que realizan, lo cual provoca falta de seguimiento y supervisión a los proveedores al momento de realizar los mantenimientos.

- En cuanto a la capacitación e inducción el departamento como tal tiene registros de los mismos; sin embargo no se tienen registros de las empresas outsourcing, se tiene de palabra con los representantes de las mismas que en efecto reciben capacitación en cuanto al ámbito en que se manejan, pero la compañía debería solicitar y resguardar esos registros como respaldo que la empresa subcontratada se preocupa por sus trabajadores y envía además trabajadores con capacidad de resolver cualquier problema suscitado en los equipos.

### **2.6.2. Repuestos**

- En cuanto al suministro de los repuestos, por ser equipos de marcas internacionales el tiempo que se lleva en conseguir un repuesto y además de su entrega es muy alto, lo cual provoca retrasos en las reparaciones que se deban realizar.
- Por lo anterior debería existir un *stock* de repuestos, contando con lo esencial o lo más recurrente de falla, sabiendo que los tiempos de entrega son altos, debido a que se debe comprar en el extranjero por la mala calidad de los repuestos genéricos que se encuentran en territorio nacional.

### **2.6.3. Control**

- El departamento de mantenimiento no cuenta con formatos de control de mantenimiento para los equipos, los reportes existentes son *checklist* entregados por los proveedores al realizar los mantenimientos y al momento de realizar dichos trabajos no hay colaborador alguno

responsable por parte de la empresa verificando que a los equipos se le realizaron los trabajos que en las hojas se detallan.

- Dentro del departamento no existe ningún formato y registro de mantenimientos correctivos, es decir, no se lleva un control de fallas y por ende, no existe historial del mismo.

#### **2.6.4. Ambiente**

- Los equipos críticos en estudio tienen la desventaja que deben estar aislados del ambiente laboral, por ejemplo, los equipos de aire acondicionado deben estar entre el techo y el cielo falso, los generadores eléctricos y las máquinas de ascensores en un cuartos aislados, lo cual provoca que estos ambientes exista corrosión, humedad y polvo por sustracción de los mismos equipos.

#### **2.6.5. Equipo**

- Se ha detectado en los acercamientos que los usuarios mismos operan de mala manera los equipos instalados, claro ejemplo con los elevadores en donde se utilizan para transporte de mercadería muchas veces sobrecargado, botoneras de los mismos hundidos por la fuerte presión que se les hace a los mismos, entre otras cosas. Por lo que debería existir conciencia por parte del usuario, que son equipos que todos los colaboradores usan y se deben mantener en óptimas condiciones con ayuda de ellos mismos.
- Muchos equipos instalados, según fichas de instalación son equipos viejos u obsoletos, lo cual provoca que existan fallas recurrentes, debido

al uso y vida útil del mismo, sus piezas se han visto afectadas con el paso de los años y estas mismas no se consiguen en el mercado, por lo que deben repararse algunos de sus componentes al momento de fallar.

- Como se puede observar, la cantidad de equipos instalados es elevada y está distribuida, de tal manera que, abarque dos torres de seis niveles cada una, por lo que es difícil llevar un control de los mantenimientos.
- Todo equipo de criticidad alta en estudio, a excepción de los generadores eléctricos son utilizados de manera continua y con alta cantidad de horas al día, sobre pasando hasta las 12 horas de uso, lo que provoca un desgaste y disminución de vida útil en óptimas condiciones.

#### **2.6.6. Mantenimiento**

Algunos de los errores encontrados en la ejecución del mantenimiento y que hacen de este ineficiente para los equipos son:

- Se toman equipos aleatorios para la ejecución del mantenimiento, es decir, no se cuenta con un plan que permita llevar de forma ordenada y secuencial los mantenimientos de los equipos. Así mismo se opta en su mayor parte por realizar mantenimientos correctivos, cuando muchos de estos equipos deben de tener un mantenimiento constante, por su uso y desempeño.
- Existe muy poco material para realizar los mantenimientos, tal es el caso de anticongelantes especiales para generadores eléctricos o *chillers*,

quienes son los que alimentan los equipos de aire acondicionado o bien lubricantes, para evitar corrosión o desgaste de piezas en los equipos.

- El alto número de mantenimientos correctivos ha hecho del departamento una de las áreas con mayor gasto de la compañía, a continuación se muestra una tabla en donde se demuestran los gastos realizados identificados durante la etapa de investigación.

Tabla II. **Gastos por mantenimientos correctivos**

<b>REPARACIONES A GENERADORES ENE-17 A SEP-17</b>	
CAMBIO DE PRECALENTADOR DE MOTOR	Q 2,100.00
CAMBIO DE CABLES Y BORNERS DE BATERIA	Q 450.00
<b>TOTAL REPARACIONES ENE-17 A SEP-17</b>	<b>Q 2,550.00</b>
<b>REPARACIONES A EQUIPOS DE A/C ENE-17 A SEP-17</b>	
FAJAS DE EQUIPOS	Q 9,000.00
REPARACIÓN DE BANDEJA DE CONDENSADO	Q 18,375.00
CAMBIOS DE MOTOR VENTILADOR	Q 37,050.00
SWITCH SOLENOIDE	Q 71,875.00
BOMBAS DE AGUA PARA CONDENSADO	Q 26,460.00
<b>TOTAL REPARACIONES ENE-17 A SEP-17</b>	<b>Q 162,760.00</b>
<b>REPARACIONES A ELEVADORES ENE-17 A SEP-17</b>	
CAMBIO DE BOTONES	Q 14,450.00
REPARACION DE TARJETA ELEVADOR 1	Q 11,250.00
GUIAS DE CABINA	Q 7,040.00
CABLE DE TRACCIÓN	Q 18,500.00
SELLADO DE FUGA Y CAMBIO DE ACEITE	Q 5,000.00
<b>TOTAL REPARACIONES ENE-17 A SEP-17</b>	<b>Q 56,240.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Q 221,550.00</b>
<b>TOTAL REPARACIONES</b>	<b>166</b>

Fuente: elaboración propia.



### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se detalló cada uno de los resultados obtenidos de la investigación, con las herramientas utilizadas, además de una autocrítica del trabajo realizado sobre que se esperaba y que se obtuvo, cuáles fueron los mayores retos y cuáles los favores obtenidos durante la investigación. Así mismo, se realizó un diagnóstico interno para describir lo que se ha dejado de bien para la empresa, un análisis externo en donde se incluye el apoyo de proveedores y el respectivo comparativo con los trabajos que se han colocado como antecedentes, que aportaron al trabajo de investigación y en que se difirió a los resultados obtenido por uno y por otro.

#### **3.1. Percepción del cliente sobre el mantenimiento a equipos**

Para la obtención de parámetros respecto al pensamiento y percepción del cliente interno, las encuestas realizadas a los distintos colaboradores de la empresa, sirven para identificar en los equipos, el nivel de importancia, verificar la frecuencia de uso y el pensamiento general en cuanto a las fallas que pueden tener.

Así mismo, se logra atacar con esto la percepción que el cliente tenga al respecto, por tal razón, a continuación se analizan los resultados de las encuestas, tanto de elevadores como aires acondicionados.

Para dicha encuesta se utiliza un 25 % de la población total, dando como resultado 175 empleados. Todos los individuos seleccionados tendrán las mismas oportunidades, la cantidad elegida asegura que la muestra extraída

será representativa del tamaño de la misma y un error estándar de 5 %, esperando tener una confiabilidad de al menos el 95 %, por lo que:

$$n = \frac{(175)(0,5^2)(1,96)^2}{(175 - 1)(0,05^2) + (0,5^2 \times 1,96^2)} = 120 \text{ colaboradores}$$

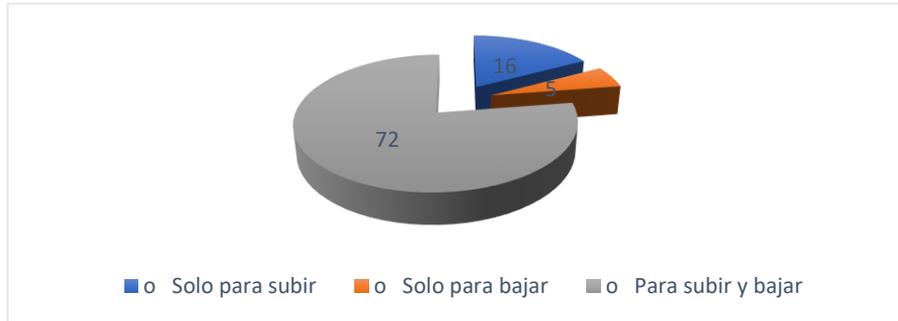
Figura 13. ¿Con qué frecuencia utilizas el elevador al día?



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la figura 13, la frecuencia de uso que tienen los elevadores por parte de los colaboradores, se detalla el uso constante y en lo absoluto ninguno de los colaboradores encuestados no lo utilizan, por tal razón, la importancia que estos se encuentren en óptimas condiciones.

Figura 14. **Generalmente, ¿Cuál es el uso que le das al elevador?**



Fuente: elaboración propia.

La figura 14 tiene como objetivo analizar el comportamiento y uso que en general los colaboradores le dan a los elevadores, mostrando que existe cierta inclinación por no esforzarse en ningún momento en cuanto al uso de gradas, tienden a utilizar los elevadores para subir y bajar no importando la cantidad de niveles ni el tiempo que requiera esperar que el elevador llegue hasta su destino de uso.

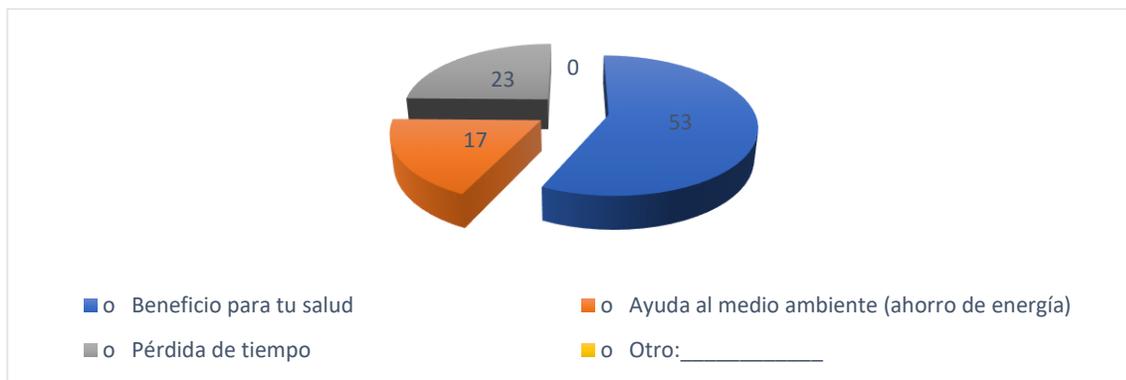
Figura 15. **¿Con qué frecuencia utilizas las escaleras?**



Fuente: elaboración propia.

La figura 15 demuestra a un grupo de colaboradores que aunque utiliza frecuentemente los elevadores, por la demanda de los mismos o el ritmo de trabajo que llevan utilizan las escaleras, esto puede ser cuando sea un nivel de diferencia entre pisos para llegar a sus destinos.

Figura 16. **¿Cómo consideras el subir escaleras?**



Fuente: elaboración propia.

La figura 16 tiene como objetivo observar el punto de vista de los colaboradores en el uso de las escaleras en vez de elevadores, en donde la mayor parte manifieste que el uso de las mismas trae beneficios para su salud, existe también quienes piensan que esto es una pérdida de tiempo y se debe a que el ritmo de trabajo y posiblemente vida, demande cómo mejor opción el uso de los elevadores.

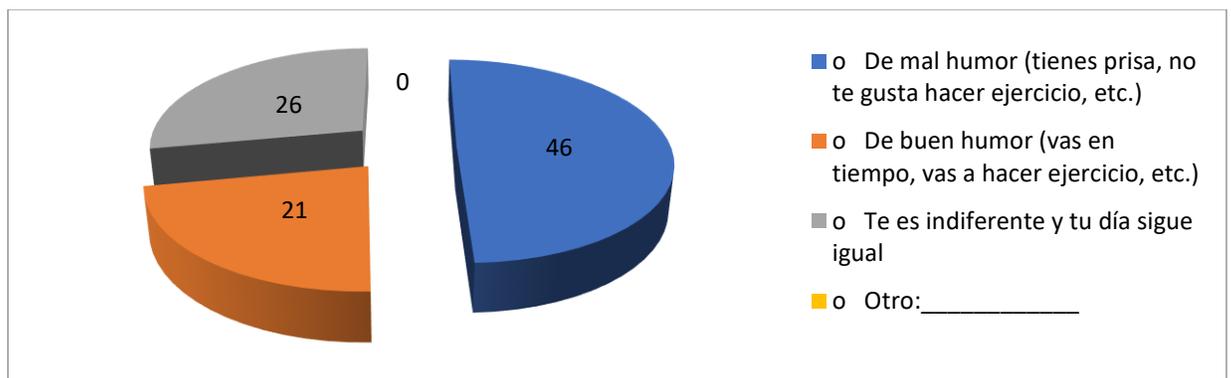
Figura 17. ¿Qué piensas al encontrar el elevador fuera de servicio?



Fuente: elaboración propia.

La figura 17 es de las más importantes para el estudio del caso y tal como se propone el trabajo de investigación al pedir su honestidad en la respuesta, dan como atribución de una falla en el elevador a la falta de mantenimiento, lo cual se convierte en el porqué de esta investigación y desarrollo de plan de calidad.

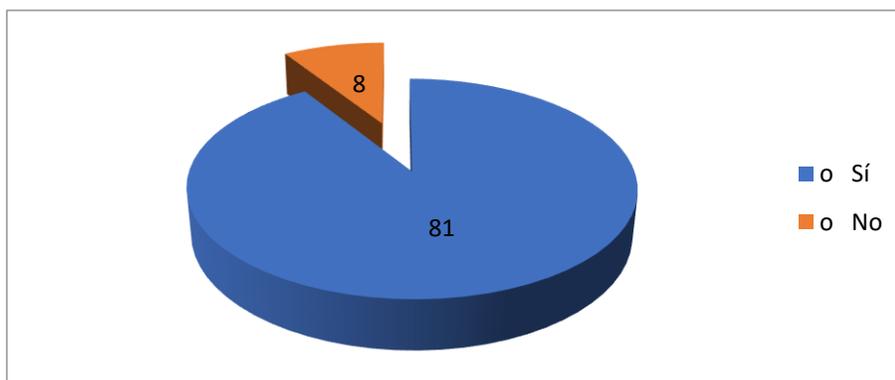
Figura 18. Al encontrar el elevador fuera de servicio ¿Cómo actúas?



Fuente: elaboración propia.

Parte de los Kpi's del departamento de mantenimiento, es la percepción del cliente interno, el resultado descrito en la figura 18 está orientado a conocer la percepción del colaborador al encontrar el elevador fuera de servicio, en donde nos damos cuenta que en su mayoría no lo toman a bien y causa cierto malestar, repercutiendo en el indicador descrito, es importante tomar acciones orientadas al cambio de percepción.

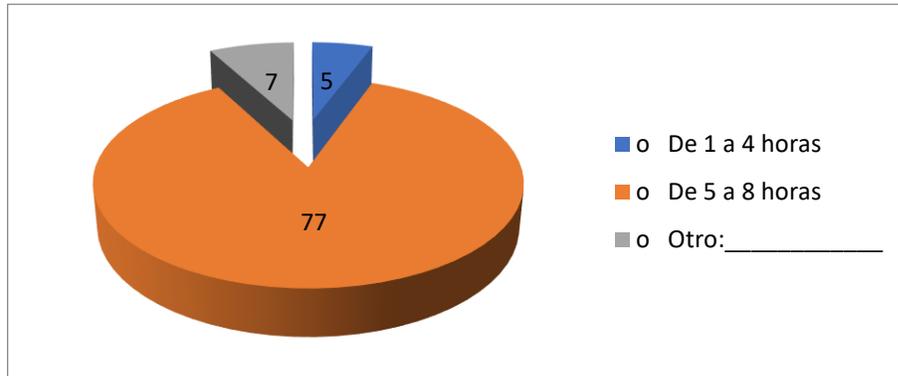
Figura 19. **¿Utilizas el servicio de aire acondicionado?**



Fuente: elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 19 un alto porcentaje de colaboradores utilizan el servicio de aire acondicionado, esto debido a que el edificio no posee ventilación natural, únicamente se valen de ventilación artificial para climatizar los ambientes, es por eso la criticidad alta de estos equipos.

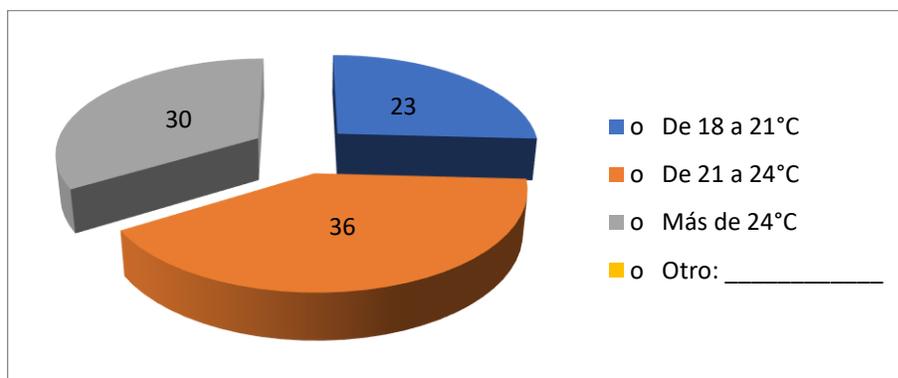
Figura 20. **¿Cuántas horas al día utilizas este servicio?**



Fuente: elaboración propia.

Como se explicaba en la anterior figura, también en la figura 20 muestra que el uso de aire acondicionado es prioritario y elevado, es importante conocer este dato para posteriores análisis, que ayudarán a tomar acciones incluso de ahorro para otros proyectos a implementar dentro de la compañía o bien eficientizar su uso con una mejor distribución de equipos en las áreas.

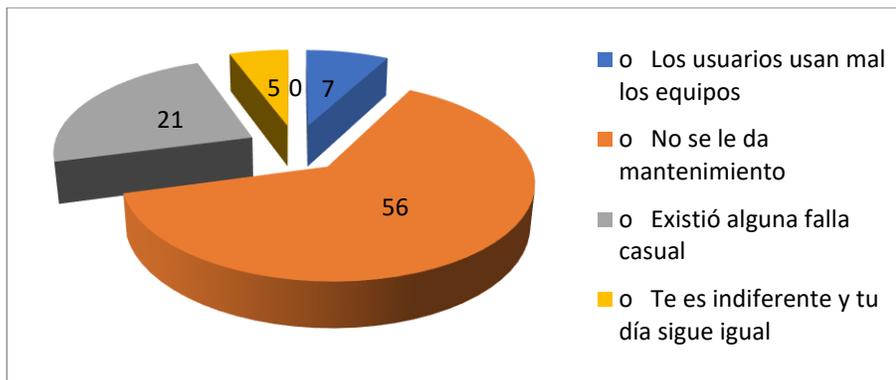
Figura 21. **¿Cuál es el ambiente ideal para realizar tu trabajo?**



Fuente: elaboración propia.

Es importante identificar el ambiente ideal promedio en los distintos puntos de la compañía, aunque la figura 21 demuestre que existe variación, es importante observar que la mayor parte de los encuestados prefieren un ambiente frío, lo cual puede ser sencillo controlarlo.

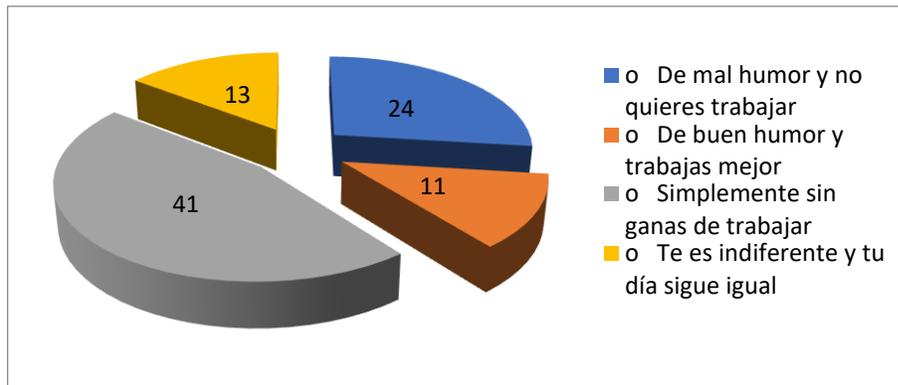
Figura 22. **Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, ¿Qué es lo que piensas?**



Fuente: elaboración propia.

Para demostrar que la percepción del cliente no difiere de un equipo a otro, se observa en la figura 22, se tiene la idea errónea que a los equipos no se les da mantenimiento, es importante trabajar en el cambio de la percepción a través de un plan de mantenimiento y evite tener inconvenientes al respecto.

Figura 23. **Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, ¿cómo actúas?**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la figura 23, cómo el servicio de aire acondicionado por las características que ya se hablaron de la edificación, la cual es una edificación totalmente hermética, puede llegar a afectar de forma negativa ya sea de mal humor o sin las ganas de trabajar a los colaboradores, por la falla de los equipos instalados, es importante atacar de buena manera cualquier error que pueda ocasionar la inconformidad al respecto.



## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Para la discusión de resultados, se determinaron aspectos importantes, tanto positivos como negativos; además se describe la importancia y apoyo hacia otros trabajos de investigación.

### **4.1. Análisis interno**

Para el cumplimiento del primer objetivo en donde se diagnosticó la situación por la que pasa la compañía en cuanto al mantenimiento de los equipos, se obtuvieron buenos resultados que vienen a enriquecer el proceso de mantenimiento, debido a que se encontró un departamento que no cuenta con un listado de equipos instalados y al realizar los recorridos y acercamiento con los proveedores, se logró además de un inventario de equipos, describir su funcionalidad e identificación, lo cual era importante para que más adelante se lograra un calendario que permita un orden y control sobre los mantenimientos a realizar.

En esta parte del trabajo de investigación, se logró la interacción con los usuarios de los distintos equipos, a través de encuestas y con esto definir y conocer su percepción acerca de los distintos fallos que los equipos presentan, para el departamento de mantenimiento llega a ser casual, observamos en cada una de las gráficas como para los usuarios esto representa una falta de mantenimiento que es responsabilidad del departamento mismo y de nadie más. Importante será que la gerencia siga el plan de divulgación del modelo TPM, con la finalidad que los usuarios mismos sepan sobre los trabajos que se realizan, para que los equipos se encuentren en óptimas condiciones.

Para el cumplimiento del segundo objetivo, se buscaron los errores que se han estado cometiendo al realizar la ejecución de mantenimiento de equipos y sus debilidades como departamento de mantenimiento y algunos otros factores internos y externos causan los fallos en los equipos, de esta cuenta se pudo observar que el departamento cuenta con pocos colaboradores para el control y monitoreo de los equipos instalados, debido a que es un departamento que vela incluso por la higiene, seguridad industrial y física de los colaboradores.

Parte importante de esta investigación fue recabar información respecto a los proveedores y constatar que no se tiene documentación que avala a los técnicos y empresas mismas, el departamento no tiene conocimientos sobre capacitación respecto al trabajo que desempeñan que viene a ser parte importante, pues con esto podría identificar y realizar una calificación exacta de sus proveedores.

Por esta razón fue importante crear documentos que aporten a la compañía para la selección y evaluación de proveedores bajo criterios genéricos y la apertura de expedientes como respaldo para tranquilidad de los altos mandos y del departamento de mantenimiento, que los trabajos se están ejecutando con proveedores competentes.

Por la falta de registros o bitácoras de mantenimientos correctivos o fallas en los equipos, no se tiene historial y por ende, no existe suministro de repuestos que comúnmente se dañan, lo cual produce que al fallar un equipo, se quede detenido por varios días mientras las piezas se buscan en el mercado y luego instaladas para el funcionamiento de los equipos, tiempo que es prolongado en ocasiones, dado que los equipos con que se cuenta son obsoletos, la cantidad alta de equipos y la operación continua de los mismos, lo

cual es corregido con políticas de mantenimiento en donde se mencionan los equipos obsoletos y su actualización entre otras cosas, además de un diagrama de flujo que ayude a la gestión de los mantenimientos preventivos.

En cuanto al tercer objetivo, importante era ampliar los indicadores con los que cuenta el departamento, se tienen indicadores de percepción y satisfacción del cliente, por ser una empresa certificada ISO, el cumplimiento al modelo de calidad, tiempo de ciclo, lo cual incluye los tiempos de respuesta para reparaciones varias incluso de mobiliario, así como algunas otras evaluaciones como *great place to work*, evaluaciones 360° que son auto evaluaciones de jefe a colaborador y viceversa, y por último, el cumplimiento a las prioridades estratégicas de compañía. Como podemos observar indicadores que directamente al departamento en sus operaciones no miden y no funcionan para el monitoreo, control y seguimiento de lo que se está proponiendo realizar con este modelo de mantenimiento.

Por esta razón se propone incluir a los indicadores que ya se tienen: eficiencia de mantenimiento, que busca el cumplir los mantenimiento propuesto utilizando el mínimo de los recursos posibles; porcentaje de ahorro de presupuesto, una vez teniendo presupuestado los gastos por mantenimiento será responsabilidad del departamento velar por que estos costos no aumenten, sino se mantengan o mejor aún bajen, y por último, la disponibilidad de los equipo críticos, lo cual se logrará al implementar el plan de mantenimiento propuesto, pues las fallas serán mínimas por el seguimiento.

Finalmente, se elabora un plan de mantenimiento basado en el tipo de mantenimiento preventivo con un enfoque sistemático, el cual con ayuda del inventario de equipos se pudo realizar de una forma más sencilla, plasmándolo en un documento electrónico de Excel, en el cual se tiene la ventaja de llevar

más allá de un control, la bitácora de mantenimientos, tanto preventivos como correctivos que se les haga a los equipos; para luego tener la información necesaria en futuras ocasiones de estudio e investigación. Y concluyendo con la implementación del modelo de calidad TPM en donde la gerencia es la más involucrada y con lo que se logrará el cambio de percepción de los usuarios o bien llamados clientes internos y el soporte necesario para los mantenimientos de los equipos.

#### **4.2. Análisis externo**

En cuanto al diagnóstico interno, los resultados obtenidos en esta investigación son muy provechosos para el departamento de mantenimiento y la compañía, debido a que mientras se daba la investigación se pudo hacer que los involucrados y líderes del proceso tuvieran una visión más allá de lo que está sucediendo y mientras se les presenta los avances y resultados que se van obteniendo se crea buena perspectiva respecto a los mantenimientos, su importancia tanto de los mantenimientos para los equipos como el involucramiento de la alta gerencia para el cambio de perspectiva. Cada uno de los hallazgos que se pudieron encontrar internamente como debilidades pueden ser atacadas de inmediato, solamente se queda a la espera de la aprobación de presupuesto para el siguiente año de los mantenimientos, por parte de la junta directiva.

Así mismo y a pesar que es un pequeño departamento como fortaleza tienen una organización muy buena, en donde cumplen en gran parte con muchas labores, por medio de gestión de proveedores o bien lo realizan con el personal, con que cuentan, lo cual es muy bueno; sin embargo, no se tienen documentos que lo avalen y es por esto la necesidad de proponer documentos que aporten.

Una de las grandes oportunidades al realizar esta investigación es que ser parte del proceso ayuda a tener las herramientas a la mano y la oportunidad de gestionar con proveedores todo el trabajo realizado, una de las limitantes encontradas es la baja respuesta por parte de los colaboradores al contestar las encuestas, no se llegó al número planteado inicialmente; una muy buena cantidad tuvo a bien realizarla, lo cual aportó mucho a la investigación, así mismo a falta de tiempo por las tareas administrativas a cargo dificultó la tarea de campo durante los primeros 15 días hábiles de cada mes; se contó con el apoyo de la jefatura y auxiliatura del departamento para el seguimiento del trabajo, delegando tareas como la identificación de equipos.

Realizando un diagnóstico externo, una de las principales ventajas al realizar el trabajo de investigación fue el contar con empresas de prestigio para el levantado de inventario de equipos cada una especializada en los equipos a ver y la apertura a revisión de los equipos para presentar una cotización real con los costos mensuales por los mantenimientos, mencionando a cada uno de ellos la importancia de contar con planes específicos, lo cual en nuestro medio pocas veces se ve como una inversión.

Y finalmente haciendo referencia a los antecedentes, se puede indicar que Guillermo Navas (2010), con el proyecto final de graduación, titulado: Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento en un edificio de oficinas, logra facilitar técnicamente el desarrollo de las funciones propias de una infraestructura, cuyo objetivo principal es conseguir la total satisfacción del cliente, según su percepción en su visita, maximizando la disponibilidad permanente de edificios e instalaciones con la máxima fiabilidad y a costos razonables, lo cual va enfocado a lo físico de la edificación y no los equipos mecánicos y eléctricos que se utilizan, es un buen planteamiento que ha

aportado a replicarlo de cierta forma en el trabajo de investigación, en donde ambos son trabajos exitosos desde el punto de vista de objetivos planteados.

Caso contrario al trabajo final de Octavio Figueroa (2015) titulado: Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación, se definen las instancias iniciales con un plan de análisis de falla y criticidad de los equipos, como se realizó en el trabajo actual de investigación, para que una vez definidos los equipos o componentes críticos, proceder al estudio de costos asociados de mantenimiento; sin embargo, la diferencia entre un proyecto y otro radica en el personal a cargo de la ejecución de los trabajos, en el trabajo de Figueroa se tiene personal propio de la empresa y el equipo es una herramienta que debe mantenerse óptimo, para la ejecución de producción y los mismos operarios y técnicos son capacitados para la ejecución de tareas.

Similar situación a la tesis de grado de Fabiola Bojorquez (2008) titulado: Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso, con un enfoque directo a las máquinas y operadores, con la diferencia que en la aplicación del plan, ellos serían los encargados de intervenir y reportar cualquier situación a los especializados responsables de los trabajos de mantenimiento y reparación, en nuestro caso son los especialistas de los tres tipos distintos de equipos críticos que deben contratarse, responsables de la ejecución del mantenimiento e informar los mismos a los encargados del departamento y líderes de proceso.

Es importante que en un trabajo de investigación futuro, con los registros de fallas, mantenimientos preventivos y correctivos y cantidad de recursos utilizados como tiempo, espacio e incluso monetarios se valide la contratación de personal que esté directamente dentro la compañía, para la realización de los distintos trabajos de mantenimiento y reparaciones de los equipos.

## **5. PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA TPM PARA EQUIPOS CRÍTICOS**

Antes de proponer la metodología TPM y el plan de mantenimiento para equipos críticos, se proponen con base a los distintos hallazgos obtenidos durante la fase de investigación la propuesta de la evaluación y selección de proveedores, mediante criterios que son importantes para el cumplimiento y expectativa de solución de mantenimiento. Así mismo, una política de mantenimiento que permita dar a conocer todos los lineamientos pertinentes al realizar trabajos dentro de las instalaciones, la cual otorgará ideas claras de lo que se desea realizar como también sanciones al no cumplirlas.

Es importante el orden de ejecución y para una mejor visión de ejecución de mantenimiento se hizo importante realizar un diagrama de flujo que enseñará el camino para realizar un mantenimiento preventivo, bajo un modelo sistemático para los equipos críticos y describe las funciones de los involucrados en ello.

Los anteriores aspectos teniéndolos definidos nos lleva a la elaboración del plan de mantenimiento de los equipos críticos, el cual se dejó establecido para el año 2018 su ejecución, debido a las distintas validaciones que debe pasar y también las gestiones necesarias con proveedores y divulgación de la metodología TPM, tanto internas con los colaboradores como externas con los proveedores.

## **5.1. Perfiles de proveedores acorde a necesidades**

Para la identificación y comienzo de una relación laboral o continuidad de la misma, la compañía debe establecer criterios para elegir sus proveedores, así mismo, ya sea digital o físico contar con un expediente de la empresa *outsourcing*, lo cual garantiza como respaldo la calidad y profesionalismo de la misma, al momento de prestar sus servicios, por tal razón se presentan a continuación criterios que pueden ser utilizados y se presenta un documento con el cual se garantiza la obtención de un expediente completo de la empresa subcontratada.

### **5.1.1. Criterios**

Condiciones económicas:

- Que el proveedor presente precios competitivos en el mercado
- Que el proveedor presente listado de precios, por los cuales se debe pagar más al momento de realizar un mantenimiento.

Calidad de productos y/o servicios:

- La compañía debe presentarle a la empresa subcontratada por escrito fechas para mantenimientos y penalizaciones por incumplimiento.
- El proveedor debe tener la capacidad de dar soporte y asistir en casos de emergencias las 24 horas del día sin importar fecha.
- Asumir responsabilidad por fallas en equipos.

Garantía:

- El proveedor debe entregar garantía por escrito así como la garantía del mismo.

- Debe tener la capacidad de asumir cobertura por daños hacia personas o mobiliario y equipo, cuando esto sea necesario.
- Entregar certificación de servicios que brindan.

Seguridad y prevención de riesgos:

- Presentar normas de seguridad utilizadas acorde al servicio que brindan.
- Presentar programas de seguridad y prevención de riesgos.
- Presentar constancias de capacitación al personal respecto a los servicios que brindan.
- Presentar procedimientos establecidos de mantenimiento.
- Presentar normas ambientales vigentes utilizadas.

## **5.2. Documento para apertura de expediente de proveedor**

El documento que a continuación se presenta en dos parte: en la figura 24, se tiene como finalidad la identificación de proveedores y además los criterios para evaluar a los proveedores, entre los datos importantes se encuentran la información general y perfil del proveedor en el cual se debe detallar una breve descripción de las actividades, productos y otros servicios que brindan, así como los años en el negocio y principales clientes como soporte de los trabajos realizados, estos documentos deben ser archivados físicos o electrónicos por el departamento, se debe dar a conocer el personal clave con el que los miembros del departamento de mantenimiento tendrán relación.

Adicional en la figura 25, es importante conocerla respecto a la calidad en la empresa, es decir, si se cuenta con algún departamento o responsable de velar por la calidad de los productos y/o servicios, si existe alguna certificación de gestión de calidad, ambiental, de salud y seguridad ocupacional, entre otros.

Figura 24. Documento para identificación de proveedores I

INFORMACIÓN GENERAL	
Nombre del Proveedor:	
Unidad de Negocio/División	
Razón social:	

INFORMACIÓN DE UBICACIÓN			
Dirección:		Ciudad:	
Departamento / Región / Estado:		Código Postal:	
Teléfono:		Fax:	
Email:		Sitio en internet:	

PERFIL DEL PROVEEDOR	
Breve descripción de operaciones / actividades:	
Listar los principales productos o servicios:	
Listar otros productos o servicios:	
Años en el negocio:	Número de empleados:
Principales clientes:	

Personal clave	
Persona/Nombre	Puesto
	Teléfono
	Email:

INFORMACIÓN DEL PERFIL DE LOS PROVEEDORES	
Liste los productos para los que son distribuidores autorizados:	
Liste los productos para los que son distribuidores normales:	
Comentarios:	

INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA CALIDAD EN LA EMPRESA	
¿La Compañía cuenta con un Departamento o Responsable de la calidad?	
Responsable del departamento de calidad:	
Información de contacto:	

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Documento para identificación de proveedores II

Certificados relacionados con estándares internacionales (por ejemplo, gestión de la calidad, gestión ambiental, gestión de la seguridad y salud ocupacional, otros) (Incluir copias de todos los certificados)	Certificación /registro	Autoridad/ ente certificador	Fecha de la certificación	Tiempo de vigencia de la certificación
Otros:				

Preguntas relacionadas con la gestión de la calidad

Criterio a Evaluar	Elegir una opción	Observaciones
<b>CALIDAD DEL PRODUCTO/SERVICIO</b>		
Brinda garantía por escrito del servicio	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
De reclamarse la garantía del producto/ servicio tiene un costo adicional	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
La garantía cubre todos los servicios o tiene alguna restricción	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Brinda por escrito certificación del servicio brindado	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Es necesario cancelar algún pago adicional si deben realizarse una segunda aplicación por no haber solucionado el problema	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
La garantía cubre daños a mobiliario y equipo	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
La garantía cubre daños a personas	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS</b>		
Tienen normas de seguridad acordadas con el servicio a realizar	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Cuenta con programas de seguridad y prevención de riesgos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Capacita periódicamente al personal sobre los procedimientos de mantenimiento	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Nota: Adjuntar normas definidas, constancia y programa de capacitaciones

La persona que firma este cuestionario garantiza la veracidad y exactitud de todas las respuestas suministradas.

Responsable de la empresa proveedora:

Puesto: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Sello de la empresa:

Para uso exclusivo de Empresa

Responsable de verificación:

Puesto: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Observaciones:

### **5.3. Política de mantenimiento de equipos críticos**

Con la finalidad e importancia de mantener los equipos en óptimas condiciones, que además el mantenimiento preventivo y correctivo lo deben realizar empresas ajenas a la compañía y que el mismo debe estar definido en un documento formal de la organización, se presentan las siguientes políticas para mantenimiento de equipos:

#### **Capítulo 1**

##### **Aspectos generales**

Artículo 1. Objetivo: establecer las políticas de mantenimiento en las instalaciones de la compañía.

Artículo 2. Aplicación: estas políticas son de cumplimiento obligatorio para el personal que trabaje mantenimientos preventivos y correctivos, ya sea interno o empresas de servicio.

Artículo 3. Responsable de la administración: la gestión de mantenimiento, seguridad e higiene junto a la gestión de IT, es la responsable de la administración de todos los aspectos relacionados a mantenimiento de equipos.

#### **Artículo 4. Definiciones.**

<b>Conceptos</b>	<b>Definición</b>
<b>Circuitos de emergencia</b>	Circuitos eléctricos que están soportados por el generador de emergencia.
<b>Circuito normal</b>	Circuito eléctrico que en caso de un corte de energía eléctrica quedan sin energía eléctrica.
<b>Circuito regulado</b>	Circuito eléctrico soportado por un UPS, es considerado como un circuito de emergencia.
<b>UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida)</b>	Es un dispositivo que gracias a sus baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados.
<b>Equipo crítico</b>	Se considera equipo crítico a todo equipo mecánico, eléctrico o electromecánico que pueda brindar soporte o bien influir en algún proceso de la compañía.

## **Capítulo 2 Equipos críticos**

Artículo 5. Mantenimiento: el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos críticos será programado y efectuado por proveedores previamente aprobados por el departamento de mantenimiento, seguridad e higiene o departamento de IT, las emergencias podrán ser atendidas por personal interno de la compañía, previamente asignado para tal efecto.

El mantenimiento preventivo o correctivo, será evaluado y supervisado por personal de mantenimiento, seguridad e higiene.

En las fichas de equipo se deberá dejar constancia de la fecha de compra y vida útil del mismo, con la finalidad de gestionar las actualizaciones o cambios respectivos al momento que este alcance su vida útil.

Artículo 6. Nomenclatura: todo equipo ya sea crítico o no, tendrá nomenclatura definida de la siguiente manera:

Tipo de equipo – ubicación – descripción de equipo – correlativo

Ejemplo:

**PE-EC-C-001**

Se refiere a: planta eléctrica en el edificio central, es crítico y será número 1.

EC-Edificio central	C-Equipo crítico	NC-Equipo no crítico
FC-Fan Coil	EO-Extractor de olor	MA-Manejador
AS-Ascensor	PE-Planta eléctrica	BA-Bomba de agua

### **Capítulo 3**

#### **Seguridad para subcontratado**

Artículo 7. Designación de responsable de la empresa subcontratada: la empresa subcontratada deberá comunicar por escrito la designación de la

persona encargada de ejercer las facultades de dirección, organización y disciplina.

Artículo 8. Ingreso a las instalaciones;

- Presentar listado de personal que estará ingresando a las instalaciones.
- Al ingresar, deberá presentar documento de identificación y se le dará de vuelta un gafete especial, el cual debe portarse visible en todo momento.
- Debe portar uniforme o cualquier medio de identificación que los acredite como parte de la empresa externa que prestará el servicio.
- Se registrará mochilas, loncheras, bolsas, entre otros, al ingresar y retirarse de las instalaciones.
- No se permite permanecer en otros lugares distintos a aquellos en los que realice su trabajo.

Artículo 9. Alimentación: queda prohibido comer dentro de las áreas de trabajo, se asignará un lugar de comedor donde pueden consumir sus alimentos.

Artículo 10. Horario de trabajo: el horario de trabajo para personal externo es de lunes a viernes de 7:00 am a 5:00 pm y en horarios especiales, según sea la necesidad y conveniencia de la compañía para llevar a cabo los trabajos. Si existe necesidad de trabajar en horarios extendidos y fines de semana se debe notificar al departamento de mantenimiento, seguridad e higiene para que este notifique al área de seguridad.

Artículo 11. Comunicación de accidentes e incidentes: se deberá informar al responsable del área, para el que se presta el servicio de todos los accidentes e incidentes que tenga el personal de la empresa subcontratada.

Artículo 12. Autorizaciones especiales: las empresas subcontratadas deberán presentar la autorización correspondiente cuando el mantenimiento a realizarse requiera o involucre otros servicios de la compañía.

Artículo 13. Señalización: en caso de realizarse tareas de mantenimiento de equipos deberán instalarse todo tipo de señalización necesaria. Carteles, cintas, conos, entre otros.

## **Capítulo 4**

### **Energía eléctrica**

Artículo 14. Identificación circuitos de emergencia: los tableros que están soportados por un generador de energía eléctrica se deben identificar en color verde con las siglas TE.

Artículo 15. Identificación de circuitos normales: estos circuitos deben estar identificados con las siglas TN en color azul.

Artículo 16. Identificación de circuitos regulados: estos circuitos tienen su origen en los UPS, sus tableros de distribución están identificados con las siglas TR en color verde por ser de emergencia.

## **Capítulo 5**

### **Otras disposiciones**

Artículo 17. Sanciones: para el personal interno de la compañía, el incumplimiento a cualquiera de las estipulaciones aquí contenidas será sancionado de la forma siguiente.

En la primera infracción: llamada de atención por escrito por parte de su jefe inmediato, con copia a expediente de desarrollo humano.

En la segunda infracción: suspensión sin goce de sueldo de 3 a 5 días.

En la tercer infracción: despido inmediato de su puesto de trabajo.

Cualquier persona que tenga conocimiento de alguna infracción a estas estipulaciones y no lo ponga en conocimiento de su jefe correspondiente será solidariamente responsable de los daños y perjuicios que pudiera ocasionar y será removido de su puesto de trabajo inmediatamente o de acuerdo a su gravedad a los tres incisos anteriores.

El incumplimiento de las presentes normas por parte de las empresas subcontratadas bien directa o indirectamente por incumplimientos de sus

empleados destinados en la compañía, podrá dar lugar a la terminación de la relación laboral.

Artículo 18. Casos no previstos: los casos no previstos serán resueltos por la gerencia correspondiente y del resultado alcanzado, se informará inmediatamente a auditoria para su evaluación.

Artículo 19. Vigencia: esta política entra en vigencia a partir de su publicación.

Comuníquese a todo el personal de las áreas encargadas.

#### **5.4. Gestión de mantenimiento preventivo**

El diagrama de flujo que a continuación se muestra, es una propuesta que puede ser ejecutada para ordenar y facilitar la gestión de mantenimiento preventivo para los equipos críticos, mediante un modelo sistemático.

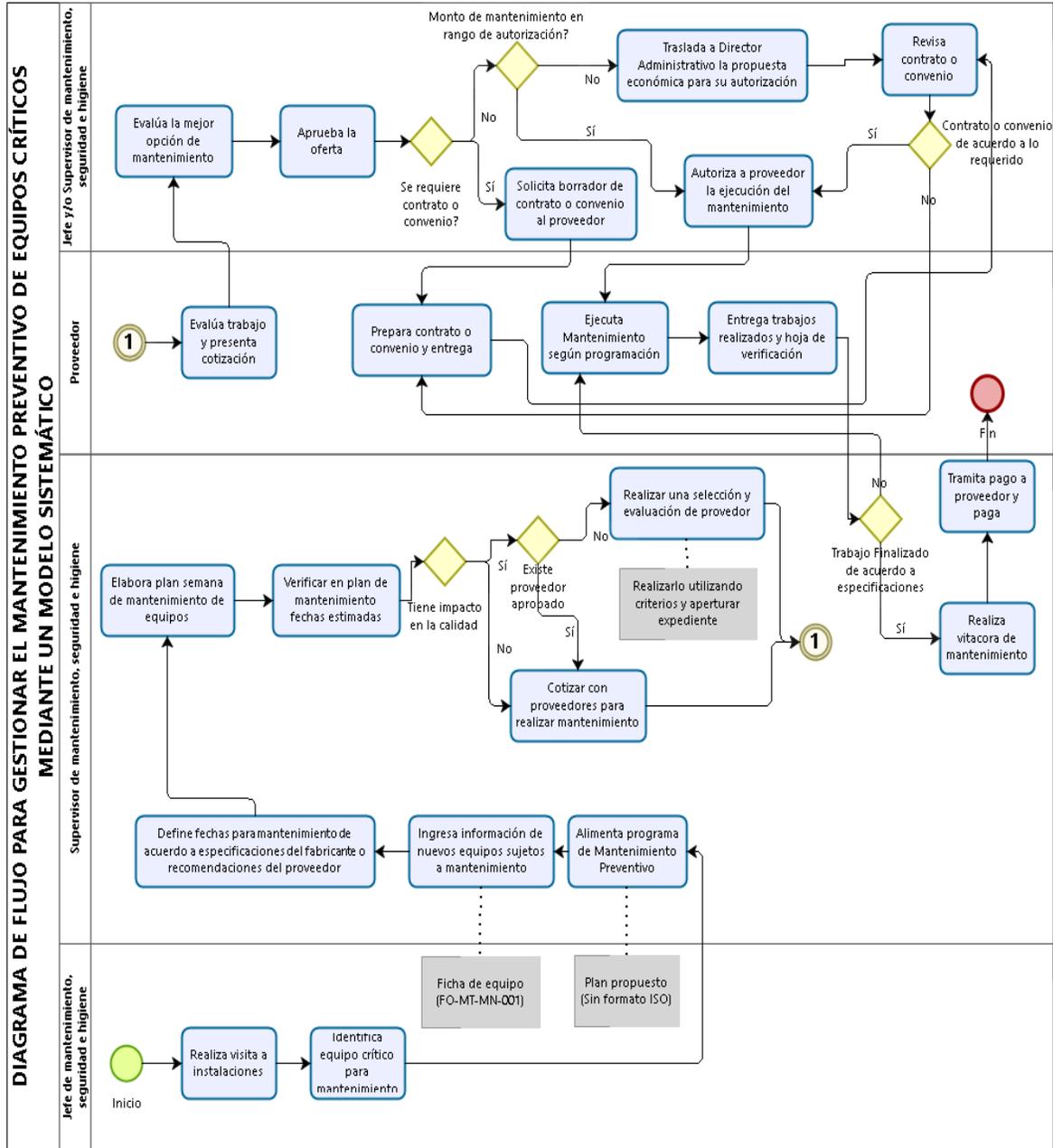
Las personas involucradas en dicho proceso son el jefe y supervisor de mantenimiento, seguridad e higiene y el proveedor, cada uno de estos tendrán distintas responsabilidades y decisiones que tomar en cuanto a sus tareas; además de conocer en su totalidad el departamento, los equipos y todos los suplementos necesarios con los que se cuentan, con la única finalidad de garantizar una gestión que permita que los equipos en todo momento se tengan funcionando en óptimas condiciones.

Se comienza con el recorrido del jefe del departamento en compañía con el supervisor, para identificar los equipos que necesitan ser incluidos en el plan de mantenimiento, para luego definir las fechas de mantenimiento que deben ser notificados y negociados con los proveedores.

Los proveedores en su caso tendrán a bien analizar y evaluar los trabajos, prepararán contratos y una vez autorizados se ejecutarán, según el cronograma propuesto.

A continuación se muestra el diagrama propuesto para la ejecución del mantenimiento preventivo, sistemático.

Figura 26. Diagrama de flujo para la gestión del mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

## 5.5. Propuesta de un plan de mantenimiento

Siendo Excel una herramienta de uso frecuente y adaptable a situaciones como la que se está trabajando, el plan de mantenimiento se realizó en una hoja de este programa, el cual servirá para llevar un seguimiento y control de los mantenimientos que se le hagan a los equipos; así mismo, la hoja electrónica permite llevar una bitácora de los fallos en los equipos, es por esto que en la extracción del plan que se presenta, se encuentran detalladas las siguientes nomenclaturas.

- P: Mantenimiento preventivo
- SR: Sin registro de realización de mantenimiento
- C: Mantenimiento correctivo

Se puede observar como después de la tabla de identificación de los equipos se tiene una calendarización que debe ser respetada por los proveedores, debido a que fue en conjunto con ellos la elaboración del mismo. Inmediatamente debajo de cada fecha se encuentra un cuadro vacío, en este cuadro se anotará la nomenclatura antes vista si el mantenimiento fue preventivo o correctivo y se sombreadá de verde o amarillo si dentro del mes este está realizado o pendiente por cualquier razón, la cual debe anotarse como una nota al igual que el mantenimiento correctivo, identificando la pieza o elemento corregido, con la finalidad de llevar un control del mismo.

Este plan está diseñado para un año calendario, respetando los horarios de oficina y días festivos, el plan de mantenimiento completo puede visualizarse en el área de Anexos. Es importante mencionar que el listado de equipos extraído y realizado anteriormente fue la base para la elaboración del plan.

Figura 27. Plan de mantenimiento para equipos críticos

							PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
							2018											
No.	fecha programada		pendiente		realizado		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
P	preventivo	SR	sin registro	C	correctivo													
No.	NOMBRE DEL EQUIPO	NIVEL	SERIE	ESTADO	CLASIFICACION	CÓDIGO												
1	Planta Eléctrica Allis Chalmer	Sótano 1		habilitado	crítico	PE-EC-C-001	13				12			15				
2	Planta Eléctrica Onan	Sótano 1		habilitado	crítico	PE-EC-C-002	13				12			15				
3	Planta Eléctrica FG Wilson	1er. Nivel.		habilitado	crítico	PE-EC-C-003	13				12			15				
4	Chiller 1	Sótano 1		habilitado	crítico	CH-EC-C-001	27	24	31	28	26	30	28	25	29	27	24	29
5	Chiller 2	Sótano 1		habilitado	crítico	CH-EC-C-002	27	24	31	28	26	30	28	25	29	27	24	29
6	SPLIT	Sótano 1		sin registro	crítico	MS-EC-C-001	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
7	Condensadora (mini SPLIT)	Sótano 1		sin registro	no crítico	MS-EC-NC-002	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
8	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-001	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
9	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-002	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
10	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-003	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
11	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-004	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
12	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-005	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
13	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	crítico	FC-EC-C-006	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
14	Manejadora (AGUA)	Sótano 1		habilitado	crítico	MA-EC-C-001	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
15	Manejadora (GAS)	Sótano 1		habilitado	crítico	MG-EC-C001	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
16	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	crítico	FC-EC-C-007	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
17	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	crítico	FC-EC-C-008	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
18	Manejadora	Sótano 1		habilitado	crítico	MA-EC-C-002	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
19	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	crítico	FC-EC-C-009	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
20	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	crítico	FC-EC-C-010	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
81	Elevador Otis	Torre 1		habilitado	crítico	AS-EC-C-001	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
82	Elevador 3 Atrio	Atrio		habilitado	crítico	AS-EC-C-003	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
83	Elevador 2 Banco.	Torre 2		habilitado	crítico	AS-EC-C-002	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15

Fuente: elaboración propia

## 5.6. Costos de los mantenimientos

A continuación se presenta la propuesta económica de inversión por el mantenimiento de los 83 equipos instalados de criticidad alta, se detalla para ser realizado durante 1 año calendario y con la gestión de mantenimiento a través de empresas *outsourcing*.

Tabla III. **Costos de mantenimientos a equipos críticos**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPOS CRÍTICOS</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
3	PLANTA ELECTRICA	Q 12,600.92	Q 37,802.76
3	ELEVADORES	Q 1,120.00	Q 40,320.00
2	CHILLERS	Q 2,500.00	Q 30,000.00
2	EQUIPOS PAQUETE	Q 225.00	Q 2,700.00
12	MINI SPLIT	Q 193.00	Q 13,896.00
8	MANEJADORAS	Q 225.00	Q 10,800.00
53	FAN COIL	Q 168.00	Q 53,424.00
<b>INVERSIÓN TOTAL ANUAL:</b>			<b>Q 188,942.76</b>

Fuente: elaboración propia.

## 5.7. Procedimiento de mantenimiento a equipos críticos

En esta parte del trabajo de investigación, se tuvo a bien el involucramiento con las empresas contactadas para la gestión del mantenimiento preventivo y con base a la experiencia de los proveedores se concluyen los siguientes servicios a los equipos instalados.

### 5.7.1. Plantas eléctricas

Se programa con la empresa *outsourcing* 4 visitas al año, una cada tres meses en donde se realizarán 2 servicios menores y 2 servicios mayores, dichos servicios de mantenimiento preventivo incluye:

#### Revisión de niveles

- Combustible, revisión y reporte del nivel
- Refrigerante (análisis de concentración revisión cada 3 servicios)
- Aceite (cambio cada 6 meses o 250 horas)
- Baterías, revisión de nivel de ácido
- Limpieza de batería y eliminación de sarro

#### Cambio de filtros

- Aire (una vez al año)
- Combustible (cambio cada 6 meses o 250 horas)
- Aceite (cambio cada 6 meses o 250 horas)

#### Revisión general

- Inspección trimestral de motor y generador
- Limpieza externa de motor, radiador y generador
- Revisión de ruidos extraños, si existen corregirlos
- Corregir fallas y desajustes menores
- Tensión y condición de fajas
- Revisión de tanque por fuga
- Revisión de panel de control (Voltaje, Frecuencia, Temperatura)

### **5.7.2. Elevadores**

Se programa con la empresa *outsourcing* 12 visitas al año, una cada mes en donde se realizarán los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo que podrán derivarse de las revisiones a los distintos componentes importantes, los cuales son:

#### Revisión general

- Inspección y limpieza de cuarto de Maquinas
- Limpieza de controles
- Revisión de estado de puertas y chapas
- Verificar tensión de cadena
- Limpieza y engrase de rieles guías
- Limpieza y prueba de limitadores de velocidad
- Revisión y limpieza de sistema de seguridad
- Revisión de paneles de cabina
- Revisión de iluminación de cabina
- Limpieza de fosos
- Prueba de equipo
- Revisión de niveles de aceite de motor
- Revisión y ajuste de sistema de freno

### **5.7.3. Aire acondicionado**

Se programa con la empresa *outsourcing* 12 mantenimientos a cada equipo instalado, durante cada sábado del año se realizarán, según calendarización propuesta, en donde se realizarán los servicios de

mantenimiento preventivo y correctivo que podrán derivarse de las revisiones y chequeos a los equipos, el servicio de mantenimiento incluye:

#### Limpieza de equipos

- Limpieza de filtros
- Limpieza de serpentines de evaporador
- Limpieza de condensador

#### Revisión general

- Revisión y verificación de componentes mecánicos (cojinetes, ventilador y compresor)
- Revisión y verificación de componentes eléctricos
- Medición de parámetros mecánicos
- Medición de parámetros eléctricos
- Presión de refrigerantes y gas

### **5.8. Aplicación de la metodología TPM**

La metodología tiene como finalidad obtener mejoras importantes dentro de la compañía cambiando de cierta manera el enfoque, tanto del personal como físicos, para lo cual Seiichi Nakajima, en su libro titulado: introducción al TPM desglosa doce pasos que permiten la implementación y puesta en marcha de la metodología de mantenimiento, dividida en cuatro fases, las cuales son:

- Preparación
- Introducción
- Implantación
- Consolidación

Para ello se detallarán e identificarán los puntos clave que servirán para su aplicabilidad dentro de la compañía para la propuesta del plan.

En la fase de preparación, se busca la implementación de la metodología, la alta gerencia está fuertemente ligada, gran parte del inicio de la metodología consiste en que se dé a conocer para que servirá y por qué se adoptará. En esta misma fase se buscan establecer nuevas políticas e indicadores que aporten a buscar siempre la mejora continua, así mismo, el plan para el desarrollo del TPM, a través de actividades que buscarán la efectividad de los equipos y estableciendo el mantenimiento sistemático; el abastecimiento de repuestos y concluyendo con el programa anual de mantenimiento.

Tabla IV. **Preparación de TPM**

<b>PASOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>PUNTOS CLAVE</b>
<b>1</b>	Divulgación de departamento sobre la introducción del TPM	Establecer con colaboradores y proveedores el inicio de la metodología TPM
<b>2</b>	Campaña educativa	Promover en los colaboradores capacitaciones respecto la metodología
<b>3</b>	Organización de grupos para promover metodología	Crear equipos, fundamentalmente horizontales
<b>4</b>	Establecer políticas e indicadores para el TPM	Organizar equipos con proveedores
<b>5</b>	Formular plan para desarrollo del TPM	Definir actividades basados en el mejoramiento de la efectividad de los equipos, establecer el mantenimiento sistemático, abastecimiento de repuestos y programa de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Una vez ejecutada la fase de preparación y teniendo como entregable final, el programa de mantenimiento anual basado en la metodología y el modelo de mantenimiento, se continua con la fase de introducción, en la cual se pone en marcha la metodología, se deben cambiar las rutinas, la conformación de grupos de trabajo y mejorar las áreas de trabajo por medio de la metodología más acorde, puede ser esta la metodología 5 eses, con la finalidad de obtener resultados positivos en el entorno de trabajo.

Tabla V. **Introducción de TPM**

PASOS	ACTIVIDADES	PUNTOS CLAVE
6	Puesta en marcha de TPM	Cambio de rutinas, organización de actos, mejorar áreas de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

La metodología TPM tiene como finalidad la eficiencia de los procesos y particularmente de mantenimiento, es por esto que la implantación de la metodología es importante; además de ser la más compleja de realizar por el tiempo que lleva realizar cada uno, se debe crear un programa de capacitación permanente del personal operativo y los técnicos involucrados y de esto se deben dejar manuales para que cualquier persona que ingrese a esta área pueda comprender la forma de laborar. Así mismo es fundamental que se adopte el programa de auto mantenimiento, a través de inspecciones diarias tanto por los colaboradores que son los que se benefician con el óptimo funcionamiento de los equipos y personal encargado de cada área, para que se detecten fallas y se reporten de inmediato, por medio de cualquier vía disponible que puede ser correo electrónico, mensaje de texto por computadora, teléfono con contacto directo y/o *Ticket* de atención de

mantenimiento, para que se realice una pronta intervención cuidando con esto el funcionamiento del equipo y el bienestar de las personas, desarrollando así mejores técnicas de mantenimiento que los haga directamente responsables por los equipos, lo anterior ayudará, además a velar por el *stock* de equipos y repuestos del área y contar con existencias, según las expectativas y necesidades.

Tabla VI. **Implantación de TPM**

<b>PASOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>PUNTOS CLAVE</b>
<b>7</b>	Mejorar la efectividad y eficiencia de los equipos	Elaboración de proyectos con metas claras y medibles, determinar la efectividad de los equipos, análisis de las causas de baja efectividad y estrategias para mejorarlas
<b>8</b>	Establecer el programa de mantenimiento sistemático	Crear manuales sobre las rutinas de inspección, limpieza, lubricación y ajuste de los equipos
<b>9</b>	Programa de auto mantenimiento	Inspección diaria de los equipos
<b>10</b>	Entrenamientos para mejorar habilidades	Impulsar a trabajadores y proveedores a involucrarse directamente en los equipos y hacerlos responsables de su funcionamiento
<b>11</b>	Desarrollo de programa de gestión de equipos	Gestionar Stock de repuestos para el mantenimiento común

Fuente: elaboración propia.

Conforme pase el tiempo y la implementación de la metodología se ponga en marcha se irán observando distintas situaciones que pueden mejorarse es por esto que la metodología se basa en la mejora continua, buscando día a día mejoras al sistema, llegar a perfeccionar el modelo y plan es complicado; por lo tanto, es importante mencionar que los indicadores y metas propuestas se podrán ir ajustando durante todas las etapas de implementación.

Tabla VII. **Consolidación de TPM**

PASOS	ACTIVIDADES	PUNTOS CLAVE
12	Implantación plena del TPM	Perfeccionar la implementación del modelo y plan de mantenimiento, verificación de metas e indicadores para su ajuste, puesta en marcha del programa de mejora continua del plan de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Se logró proponer un plan de mantenimiento preventivo tomando en consideración el año 2018, con enfoque sistemático y bajo la gestión de calidad TPM, el cual queda con cifras establecidas para su implementación, que asciende a Q188.942,76, comparado con el año en que se realizó la investigación, sí existe una diferencia a favor del plan propuesto de Q32.607,24; así mismo se concretan las 12 fases que se deben llevar a cabo para el desarrollo de la metodología TPM, obteniendo con esto una gestión de mantenimiento de calidad, se buscó tener toda la documentación necesaria para garantizar un mejor desempeño y calidad en los servicios de mantenimiento y se dejó dentro de los procedimientos del área: el diseño de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos instalados en la edificación, políticas que reúnan las necesidades básicas que deben cumplir las empresas subcontratadas, el departamento de mantenimiento, la alta gerencia y todo personal involucrado en el proceso, garantizando así el funcionamiento óptimo de los equipos, respetando la capacidad instalada.
2. Los equipos críticos identificados dentro de la instalación son los generadores eléctricos, utilizados por prevención en caso de corte eléctrico, que ocasione algún tipo de inconveniente con el funcionamiento de los equipos de cómputo y telefónico; elevadores, los cuales son altamente utilizados por el personal de la compañía para transportarse de nivel en nivel, y los equipos de aire acondicionado, su utilización consiste en climatizar las distintas áreas de la compañía,

brindando así comodidad y ambiente agradable para el colaborador, el cual se identificó mediante encuestas, que si presentan algún fallo en los equipos, su percepción es la falta de mantenimiento y se culpa al departamento responsable.

3. El tipo de mantenimiento que se les da a los equipos, el 75 % de las veces es de tipo correctivo, no se tiene una revisión y supervisión periódica de los equipos y su estado, el departamento encargado tiene 3 colaboradores y como fortaleza tienen una organización muy buena, abarca higiene y seguridad, por medio de gestión de proveedores; sin embargo, no se tienen documentos que avalen a las empresas y sus trabajos realizados, en donde la documentación de los procesos es parte fundamental para la elaboración y puesta en marcha del plan de mantenimiento de donde no hay registros o bitácoras de trabajos preventivos o correctivos.
  
4. Se identificaron los indicadores de desempeño que ya están establecidos en el departamento de mantenimiento: el primero de ellos es el cumplimiento del modelo de calidad ISO, con esto se deben cumplir las políticas de la empresa y del departamento; el segundo de ellos es la percepción del colaborador con su entorno laboral enfocado a la empresa y su departamento, por medio de GPTW y para dar un seguimiento muy de cerca y consecuente con los beneficios que se esperan tener al implementar el plan de mantenimiento; para ello se establecen tres nuevos indicadores, los cuales son: "Eficiencia del mantenimiento" que aportará a verificar la capacidad de mantener los equipos en óptimas condiciones utilizando el mínimo de recursos; el segundo indicador se logra mediante el anterior y es "Porcentaje de

ahorro de presupuesto”, esto con el objetivo de verificar la capacidad de estar por debajo del presupuesto mensual establecido, y por último, la “Disponibilidad de los equipos críticos”, que servirá para medir el tiempo transcurrido desde la última reparación, hasta que los equipos presenten fallas o cambios que ameriten una intervención técnica.

5. Se propuso además del plan mensual de mantenimientos preventivos sistemáticos a lo largo de un año calendario, criterios para la selección y evaluación de proveedores, la obtención y apertura de expediente del mismo, política de mantenimiento, en donde se tomó en cuenta los equipos obsoletos y el proceso de recambio; así también un diagrama de flujo para la gestión de mantenimiento, y por último, después del plan, el procedimiento de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos críticos, el cual debe realizarse tal como lo describe el enfoque sistemático de mantenimiento, sin importar el estado del equipo.



## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere continuar con los pasos para el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos, bajo el enfoque sistemático y promover la implementación del modelo TPM en toda la compañía, lo cual aportará a la satisfacción del cliente (colaborador) por estar incluido en el proceso, lo que provoca además una mayor efectividad por la pronta atención del técnico ante cualquier tipo de inconveniente, dando lugar al aumento de productividad en las operaciones que se realizan.
2. Identificar cada uno de los equipos que se compren en adelante, es decir, seguir el proceso de etiquetado, según correlativo e introducirlo en la base de datos con la información del equipo, para su control; así mismo cuando se elimine un equipo actualizarlo en el listado oficial, se debe anotar el por qué se da la baja, para continuar con el control que se ha establecido, manteniendo las fichas de los equipos de forma electrónica para revisar la vida útil de los mismos.
3. Velar porque las empresas subcontratadas reúnan los requisitos básicos, según las necesidades establecidas durante la investigación desde la documentación para la selección y evaluación de proveedores, hasta la ejecución de los mantenimientos y que se cumplan las políticas con los involucrados dentro del proceso establecido y que éste sea además eficiente y de mayor calidad.

4. Publicar en intranet y físicamente los indicadores de desempeño alcanzados por el departamento, durante el período que corresponde y el programa de mantenimiento para verificar en tiempo real el programa, según el área en servicio, con esto se logrará que la percepción cambie por parte del colaborador, pues entienden que los equipos se mantienen óptimos en su funcionamiento, por el servicio brindado, lo cual dará mayor tranquilidad y satisfacción.
  
5. Analizar y establecer oportunidades de mejora durante el ciclo del programa que ayuden reduciendo día a día la cantidad de fallas, a fin de mejorar la calidad del servicio, la satisfacción del cliente, para disminuir mantenimientos correctivos y aumentar utilidades, mediante el sistema TPM incluyendo la documentación con respecto a los proveedores que realizan tareas de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la compañía, por confiabilidad en sus tareas y las normas a seguir por todos los involucrados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bojorquez, F. (2008). Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso. Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Sonora, México.
2. Chase, R., Aquilano, N., Jacobs, R. (2001). Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios. Octava edición. Colombia, McGraw-Hill.
3. *Curso de vibraciones: tipos de mantenimiento* (2013). Recuperado el 12 de noviembre de 2016, de [http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos\\_mantenimiento.html](http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html)
4. Del Toro, J. (2010). *Clima organizacional, satisfacción laboral y su relación con el desempeño laboral en trabajadores de una PYME de servicios de ingeniería*. Universidad del Magdalena, Clío América.
5. Figueroa, O. (2015). *Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
6. García, S. (2009). *Ingeniería de mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. Renovetec.

7. Gaytán, J. (2012). *Elevadores y escaleras eléctricas*. Universidad Metropolitana de Monterrey, México.
8. Gómez, J. (2013). *Mantenimiento industrial como proceso productivo*.
9. González, J. (2004). *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en riesgo*. Tesis de Maestría, Instituto de Postgrado y Formación Continua, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad Pontificia Comillas, Madrid – España.
10. Gotoh, F. (1996). *TPM para departamentos de ingeniería. Diseño de equipos y productos que facilitan el mantenimiento*. Primera edición. Estados Unidos, Productivity Press.
11. Gryna, F.; Chua, R.; Defep, J. (2007). *Método Juran, análisis y planeación de la calidad*. México, McGraw-Hill.
12. Imai, M. (1989). *La clave de la ventaja competitiva japonesa*. Primera edición. México, Continental, S.A.
13. Juárez, A. (2005). *Implementación de sistema de control en el mantenimiento preventivo*. Caso Edificio de Rectoría, Campus Central, USAC – Guatemala.
14. Juran, J. (1998). *Quality Handbook*. New York, McGraw-Hill.

15. Nakajima, S. (1989). *Introducción al TPM: mantenimiento productivo*. Primera edición. Estados Unidos, Productivity Press.
16. Navas, G. (2010). *Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento en un edificio de oficinas*. Proyecto de fin de carrera, Universidad Carlos III, Madrid, España.
17. Olarte, W. (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. Vol. XVI, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
18. Pérez, J. (1994). *Gestión de la calidad empresarial: calidad en los servicios y atención al cliente*. Calidad total, Esic, Madrid.
19. Powel, T. (1995). *Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study*. Strategic Management Journal.
20. Rafael. (2015) *Aire acondicionado general vs sistema autónomo*. Recuperado el 12 de noviembre de 2016 de <https://twenergy.com/a/aire-acondicionado-general-vs-sistema-autonomo-1741>
21. Sena. (1986). *Manual de mantenimiento de Fedemetal*. Bogotá, D.C. de [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/)
22. Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM, S.A.* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.

23. Silva, D. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para generadores eléctricos en la industria hotelera que utilizan fuel oil diésel como combustible*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
24. Suárez, D. (2008). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)*. Confima & Consultores, C.A., Puerto La Cruz.
25. Tarí, G. (2000). *Calidad total: fuente de ventaja competitiva*. Murcia, Universidad de Alicante.
26. Tilleró, E. (2009). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios*. Tesis de grado, Universidad Oriente, Barcelona, España.
27. Toro, F. (2008). *Desempeño y productividad*. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, v. 27, p.13.
28. Vélez, O., Galeano, M. (2002). *Investigación cualitativa: el estado del arte*. Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
29. Zapata, C. (2009). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta Hyl II en la siderúrgica del Orinoco, Puerto Ordaz*.
30. Zandin, K. (2005) *Manual del ingeniero industrial*. Tomo II, segunda edición. Editorial McGraw-Hill, Latinoamericana Editores, S. A. de C. V. México.

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta de uso de elevadores

Esta es una breve encuesta para verificar la importancia que tienen en nuestros usuarios los elevadores de las instalaciones. Tu dirección de correo electrónico (jacastillo@\*\*\*.com.gt) se registrará cuando envíes este formulario.

1. ¿Utilizas el elevador? \*

- De 1 a 3 veces al día
- De 4 a 6 veces al día
- Más de 6 veces al día
- Ninguna vez

2. ¿Para qué utilizas el elevador? \*

- Solo para subir
- Solo para bajar
- Para subir y bajar

3. ¿Utilizas las escaleras? \*

- De 1 a 3 veces al día
- De 4 a 6 veces al día
- Más de 6 veces al día
- Ninguna vez

4. Subir escaleras lo consideras... \*

- Beneficio para tu salud
- Ayuda al medio ambiente (ahorro de energía)
- Pérdida de tiempo
- Otro: \_\_\_\_\_

5. Si el elevador se encuentra fuera de servicio, piensas... \*

- Los usuarios usan mal los equipos
- No se le da mantenimiento
- Existió alguna falla casual
- Oportunidad para hacer ejercicio

6. Si el elevador se encuentra fuera de servicio, ¿cómo actúas?... \*

- De mal humor (tienes prisa, no te gusta hacer ejercicio, etc.)
- De buen humor (vas en tiempo, vas a hacer ejercicio, etc.)
- Te es indiferente y tu día sigue igual
- Otro: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2. Encuesta de servicio de aire acondicionado

Esta es una breve encuesta para verificar la importancia que tiene en nuestros usuarios el aire acondicionado. Tu dirección de correo electrónico (jacastillo@\*\*\*.com.gt) se registrará cuando envíes este formulario.

1. ¿Utilizas el servicio de aire acondicionado? \*
  - Sí
  - No
  
2. ¿Cuántas horas al día utilizas este servicio? \*
  - De 1 a 4 horas
  - De 5 a 8 horas
  
3. ¿Cuál es el ambiente ideal para realizar tu trabajo?
  - De 18 a 21°C
  - De 21 a 24°C
  - Más de 24°C
  - Otro: \_\_\_\_\_
  
4. Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, piensas... \*
  - Los usuarios usan mal los equipos
  - No se le da mantenimiento
  - Existió alguna falla casual
  - Te es indiferente y tu día sigue igual
  - Otro: \_\_\_\_\_
  
5. Si el aire acondicionado no es activado y se encuentra fuera de servicio, ¿cómo actúas?... \*
  - De mal humor y no quieres trabajar
  - De buen humor y trabajas mejor
  - Simplemente sin ganas de trabajar
  - Te es indiferente y tu día sigue igual
  - Otro: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.





13	Fan Coil	Sótano 1		sin registro	critico	FC-EC-C-006
14	Manejadora (AGUA)	Sótano 1		habilitado	critico	MA-EC-C-001
15	Manejadora (GAS)	Sótano 1		habilitado	critico	MG-EC-C001
16	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	critico	FC-EC-C-007
17	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	critico	FC-EC-C-008
18	Manejadora	Sótano 1		habilitado	critico	MA-EC-C-002
19	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	critico	FC-EC-C-009
20	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	critico	FC-EC-C-010
21	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	no critico	FC-EC-NC-011
22	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	no critico	FC-EC-NC-012
23	Fan Coil	Sótano 1		habilitado	no critico	FC-EC-NC-013
24	Fan Coil	1er. Nivel.		sin registro	critico	FC-EC-C-014
25	Fan Coil	1er. Nivel.		sin registro	critico	FC-EC-C-015
26	Fan Coil	2do. Nivel		sin registro	critico	FC-EC-C-016
27	Fan Coil	2do. Nivel		sin registro	critico	FC-EC-C-017
28	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-018
29	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-019
30	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-020

6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8

31	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-021	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
32	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-022	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
33	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-023	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
34	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-024	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
35	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-025	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
36	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-026	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
37	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-027	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
38	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-028	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
39	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-029	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
40	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-030	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
41	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-031	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
42	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-032	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
43	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-033	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
44	Fan Coil	2do. Nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-034	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
45	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-035	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
46	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-036	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
47	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-037	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
48	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-038	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
49	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-039	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15

50	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-040
51	Fan Coil	3er nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-041
52	Fan Coil	3er nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-042
53	Fan Coil	3er nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-043
54	Fan Coil	3er nivel		habilitado	no critico	FC-EC-NC-044
55	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-045
56	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-046
57	Manejadora	4to nivel		habilitado	critico	MM-EC-C-001
58	Manejadora	4to nivel		habilitado	critico	MM-EC-C-002
59	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-047
60	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-048
61	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-049
62	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-050
63	Fan Coil	4to nivel		habilitado	no critico	FC-EC-C-051
64	Fan Coil	4to nivel		habilitado	no critico	FC-EC-C-052
65	Fan Coil	4to nivel		habilitado	critico	FC-EC-C-053
66	Paquete	5to. Nivel		habilitado	critico	PQ-EC-C-001
67	Paquete	5to. Nivel		habilitado	critico	PQ-EC-C-002

20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22

68	Evaporadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-003	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
69	Evaporadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-004	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
70	Evaporadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-005	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
71	Evaporadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-006	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
72	Condensadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-007	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
73	Condensadora (SPLIT)	5to. Nivel		sin registro	critico	MS-EC-C-008	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
74	Condensadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-009	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
75	Condensadora (SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-010	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
76	Condensadora (mini SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-011	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
77	Evaporadora (mini SPLIT)	5to. Nivel		habilitado	critico	MS-EC-C-012	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
78	Manejadora	5to. Nivel		habilitado	critico	MM-EC-C-003	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
79	Manejadoras	6to Nivel		habilitado	critico	MM-EC-C-004	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
80	Manejadoras	6to Nivel		habilitado	critico	MM-EC-C-005	27	24	24	28	26	23	28	25	29	27	24	22
81	Elevador Otis	Torre 1		habilitado	critico	AS-EC-C-001	13	10	10	14	12	9	14	11	8	13	10	8
82	Elevador 3 Atrio	Atrio		habilitado	critico	AS-EC-C-003	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15
83	Elevador 2 Banco.	Torre 2		habilitado	critico	AS-EC-C-002	20	17	17	21	19	16	21	18	22	20	17	15

Fuente: elaboración propia.

