

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE
ALIMENTOS AL MAYOR, UBICADA EN CARACAS, VENEZUELA”.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

Torres, C., Orianna G.

PROFESOR GUIA

Ing. Ribis, Sebastián.

FECHA

Octubre, 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE
ALIMENTOS AL MAYOR, UBICADA EN CARACAS, VENEZUELA”.**

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: _____.

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma: _____ Firma: _____ Firma: _____

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR

Torres C., Orianna G.

PROFESOR GUIA

Ing. Ribis, Sebastián.

FECHA

Octubre, 2018

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
SINOPSIS.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
Introducción.....	1
1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.1.1 Misión.....	4
1.1.2 Visión.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Objetivo de la investigación.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Alcances de la investigación.....	7
1.5 Limitaciones de la investigación.....	7
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.2 Conceptos Fundamentales.....	12
2.2.1 Gestión de Mantenimiento.....	12
2.2.2 Mantenimiento.....	12
2.2.3 Objetivos de mantenimiento.....	12
2.2.4 Mantenimiento correctivo.....	13
2.2.5 Mantenimiento preventivo.....	14
2.2.6 Planificación del mantenimiento.....	15
2.2.7 Programación de mantenimiento.....	17
2.2.8 Procedimiento Operativo Estándar (POE).....	17
2.2.9 Recursos de mantenimiento.....	18
2.2.10 Sistemas productivos.....	18
2.2.11 Vida útil.....	18
2.2.12 Criticidad de equipos.....	18
2.2.13 Costo de mantenimiento.....	18
2.2.14 Falla.....	19
2.2.15 Montacargas.....	19
2.2.16 Transpaletas.....	19
2.2.17 Apiladoras.....	20
2.2.18 Neveras.....	20
2.2.19 Cavas.....	20
2.2.20 Rack de frío.....	21
2.2.21 Planta eléctrica.....	21
2.2.22 Sala de baterías.....	22
2.3 Herramientas utilizadas.....	22
2.3.1 Análisis de Criticidad.....	22

2.3.2	Diagrama Gantt.....	23
2.3.3	Diagrama Ishikawa.....	23
2.3.4	Diagrama de Pareto.....	24
2.3.5	Depreciación.....	24
2.3.6	Método de Línea Recta.....	24
2.3.7	Flujograma de Procesos.....	24
2.4	Técnicas de valoración económica.....	25
2.4.1	Depreciación de activos.....	25
2.4.1.1	Método de depreciación: Línea Recta.....	25
2.4.2	Valor Actual Neto (VAN).....	26
2.4.3	Método de Regresión: Regresión exponencial.....	27
2.4.4	Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR).....	28
2.4.5	Flujo actual neto y proyectado.....	28
3.	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	30
3.1	Nivel de investigación.....	30
3.2	Tipo de investigación.....	30
3.3	Diseño de la investigación.....	31
3.4	Población y muestra.....	32
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.6	Fases de la investigación.....	33
3.7	Operacionalización de las variables.....	34
4.	CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL	35
4.1	Descripción del procedimiento del mantenimiento actual.....	35
4.1.1	Mantenimiento con el personal interno de la tienda.....	36
4.1.2	Mantenimiento con contratistas fijas.....	36
4.1.3	Mantenimiento con contratistas eventuales.....	37
4.2	Diagnóstico de evaluación de la situación actual.....	37
4.2.1	Aplicación de la norma de mantenimiento COVENIN 2500-93.....	37
4.2.2	Resultados de la aplicación de la norma COVENIN 2500-93.....	38
4.2.3	Aplicación de la encuesta de las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento.....	40
4.2.4	Resultados de la aplicación de la encuesta de las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento.....	41
5.	CAPÍTULO V: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	48
5.1	Listado de equipos que forman parte de Makro Comercializadora S.A... ..	48
5.2	Matriz de decisión para establecer el orden de criticidad de los equipos.....	48
5.3	Selección de los equipos.....	50
5.4	Planificación del mantenimiento preventivo propuesto.....	50
5.4.1	Zonificación de equipos.....	50
5.4.2	Inventario técnico de equipos.....	51
5.4.3	Clasificación de los equipos.....	51
5.4.4	Selección del tipo de mantenimiento.....	51
5.4.5	Codificación de los equipos.....	51
5.4.6	Orden de trabajo.....	52

5.4.7	Informe de Trabajo Realizado (ITR).....	52
5.5	Programación de mantenimiento preventivo.....	52
5.5.1	Programación de la rutina de mantenimiento.....	52
5.5.2	Codificación de las rutinas de mantenimiento.....	53
5.5.3	Procedimientos Operativos Estándar (POE).....	53
5.5.4	Herramientas e insumos necesarios para el plan de mantenimiento preventivo propuesto.....	54
5.5.5	Recursos humanos.....	54
5.5.6	Horas hombre disponibles.....	55
5.5.7	Horas hombre requeridas.....	56
5.5.8	Elaboración de la carta Gantt.....	56
5.6	Estudio económico.....	57
5.6.1	Costos del mantenimiento preventivo propuesto.....	57
5.6.1.1	Costos de herramientas.....	58
5.6.1.2	Costos de insumos requeridos.....	58
5.6.1.3	Costos de repuestos requeridos.....	58
5.6.1.4	Costos de mano de obra.....	58
5.6.2	Estudio de Factibilidad Económica	60
5.6.2.1	Tasa de inflación promedio.....	60
5.6.2.2	Estimación de la Tasa Mínima de Retorno (TMAR).....	63
5.6.2.3	Flujo actual neto y proyectado.....	63
5.6.2.4	Valor Actual Neto.....	64
6.	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1	Conclusiones.....	65
6.2	Recomendaciones.....	66
7.	Bibliografía.....	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Ecuación para el cálculo de la depreciación anual.....	25
Ecuación 2.	Ecuación para calcular el valor actual neto.....	26
Ecuación 3.	Ecuación para realizar estimaciones sobre una variable de estudio.....	27
Ecuación 4.	Ecuación para transformar la función exponencial a una función lineal.....	27
Ecuación 5.	Ecuación punto-pendiente transformada a ecuación general.....	28
Ecuación 6.	Ecuación punto-pendiente transformada a ecuación general.....	28
Ecuación 7.	Ecuación para calcular la tasa mínima de retorno.....	28
Ecuación 8.	Ecuación para calcular el flujo actual neto y proyectado.....	28
Ecuación 9.	Ecuación de porcentajes de equipos de mano de obra interna....	36
Ecuación 10.	Ecuación de porcentaje de equipos de contratistas fijas.....	37
Ecuación 11.	Ecuación de porcentaje de equipos de contratistas eventuales...	37
Ecuación 12.	Ecuación de la mano de obra requerida.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentajes de efectividad obtenidos para cada una de las áreas de estudio.....	39
-----------	---	----

Figura 2.	Diagrama de malla de los resultados de la encuesta.....	42
Figura 3.	Diagrama Ishikawa de ausencia de mejoramiento continuo.....	43
Figura 4.	Diagrama de Pareto de ausencia de mejoramiento continuo.....	44
Figura 5.	Diagrama Ishikawa de ausencia de planificación y programación proactiva.....	44
Figura 6.	Diagrama Pareto de ausencia de planificación y programación proactiva.....	45
Figura 7.	Diagrama Ishikawa de ausencia de apoyo y visión gerencial.....	46
Figura 8.	Diagrama Pareto de ausencia de apoyo y visión gerencial.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.	Turno de trabajo diario dentro de la organización.....	35
Tabla N° 2.	Áreas con menor puntaje en la aplicación de la norma COVENIN 2500-93.....	39
Tabla N° 3.	Escala de valoración para la encuesta.....	40
Tabla N° 4.	Tabla resumen de los resultados promedios por cada una de las prácticas.....	41
Tabla N° 5.	Resultados de la entrevista realizada para emitir la ponderación correspondiente de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad.....	49
Tabla N° 6.	Rango de criticidad establecidos para cada nivel.....	50
Tabla N° 7.	Codificación de equipos.....	51
Tabla N° 8.	Formato del procedimiento operativo estándar.....	54
Tabla N° 9.	Tiempo de mano de obra disponible por los técnicos.....	55
Tabla N° 10.	Formato de la carta Gantt.....	57
Tabla N° 11.	Costos de mano de obra.....	59
Tabla N° 12.	Costo total de mantenimiento del plan propuesto.....	59
Tabla N° 13.	Costo de mantenimiento actual de la organización.....	60
Tabla N° 14.	Tasa inflacionaria promedio.....	61
Tabla N° 15.	Matriz de cálculo de regresión lineal.....	61
Tabla N° 16.	Proyección de inflación para los próximos 5 años.....	61
Tabla N° 17.	Cálculos para la proyección de la inflación.....	62
Tabla N° 18.	Matriz de cálculo de regresión lineal (Hiperinflacionaria).....	62
Tabla N° 19.	Proyección de Hiperinflación.....	62
Tabla N° 20.	Cálculos para la proyección de la hiperinflación.....	63
Tabla N° 21.	Flujo Actual Neto.....	64
Tabla N° 22.	Flujo Actual Neto proyectado.....	64

DISEÑO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE ALIMENTOS AL MAYOR, UBICADA EN CARACAS, VENEZUELA.

Realizado por: Br. Orianna Ginet Torres Conde.

Tutor: Ing. Sebastián Ribis.

Empresa/Institución: Makro Comercializadora S.A.

Fecha: Octubre, 2018.

RESUMEN

En el presente Trabajo Especial de Grado se diseñó el proceso de gestión del mantenimiento preventivo para los equipos utilizados en una empresa comercializadora de alimentos al mayor, ubicada en Caracas, Venezuela.

Makro Comercializadora S.A. es una es una cadena de tiendas de autoservicio de ventas de insumos comerciales al por mayor con operaciones en 37 tiendas a nivel nacional. Específicamente, el presente diseño fue desarrollado en la tienda número dos (02), ubicada en la Yaguara, Parroquia la Vega, Distrito Capital. La poca mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de esta empresa, afecta directamente la operatividad de la tienda. Por lo tanto, fue necesario realizar una investigación cuyo objetivo principal es el diseño de una gestión de mantenimiento preventivo. Para diseñar el plan de estos equipos, se recopilaron los manuales de cada uno y toda la información que poseía la Gerencia, a su vez se realizaron entrevistas, encuestas y observaciones directas para de esta manera lograr describir los equipos, los procesos actuales de mantenimiento y poder analizar las fallas más recurrentes que presentaban. Adicionalmente, se diseñaron las fichas técnicas descriptivas de los equipos, se definieron los niveles mínimos de inventario en stock a mantener para garantizar la ejecución del plan de mantenimiento propuesto y se elaboraron los indicadores de gestión para que la Gerencia de Mantenimiento realice el debido monitoreo y control de los trabajos realizados por su personal a cargo. Luego basándose en toda esa información fue posible diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que dan servicios y soportes a la línea de producción que permitan mejorar la gestión de mantenimiento de dichos equipos, contemplando las rutinas de mantenimiento, frecuencia de las mismas, además se comprobó que el plan propuesto es económicamente factible.

Palabras claves: **Mantenimiento preventivo, rutinas, gestión, equipos, planificación.**

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y a mi padre por su apoyo incondicional en todo momento, su cariño, comprensión y lucha durante toda mi vida y carrera.

A mi hermano por su paciencia y ayuda en cualquier situación.

A toda mi familia por sus consejos y preocupación.

A Jorge Bautista por todo el apoyo ofrecido durante el desarrollo de todo este trabajo.

A Alessandro Lombardi por su comprensión y soporte siempre que lo necesito.

A Makro, por permitirme dar mis primeros pasos en el ámbito profesional y permitirme destacar en este contexto.

A mi tutor Sebastián Ribis por todo el apoyo ofrecido y por ser figura a seguir para mi experiencia profesional como Ingeniero Industrial.

A todos... ¡Muchas Gracias!

DEDICATORIA

A mis padres, por todo su esfuerzo y apoyo.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es reconocido como un elemento fundamental que contribuye junto con las otras funciones empresariales, al logro y a la superación de los objetivos de la empresa emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeación. Toda organización empresarial que dependa de maquinaria y/o equipos para la producción de bienes, productos y servicios deberá planificar e implementar un plan de mantenimiento, a fin de que se maximice el tiempo de vida útil de los mismos. Al respecto, cabe destacar que un plan de mantenimiento está conformado por varias etapas, las cuales envuelven una lista de tareas que prevén estudios de tiempos, recursos humanos y materiales necesarios para la ejecución, sustitución y disponibilidad de repuestos, entre otras, para, de esta forma, garantizar el buen funcionamiento de los equipos y disminuir su deterioro.

A pesar de la importancia de ésta estrategia para la organización, es necesario acotar que en muchas empresas no existe una programación sobre mantenimiento, que sea aplicada eficientemente, pues se centran en los equipos más críticos y sobre los que reposa la responsabilidad más importante de la producción, sin tomar en cuenta, que todas las máquinas y/o equipos de la empresa cumplen una función, y sufren de desgaste por el uso continuo, de allí la importancia por optimizar el funcionamiento de los mismos, para así garantizar la eficiente operatividad de todas las áreas de la empresa.

El presente Trabajo Especial de Grado incluye todo lo necesario para el diseño del proceso de gestión del mantenimiento preventivo en Makro Comercializadora S.A., contemplando aspectos importantes para los equipos que dan servicios y soportes a la línea de producción, permitiendo diseñar una planificación de rutinas de mantenimiento para su preservación contando con el inventario necesario de repuestos, partes y repuestos para tal propósito. Asimismo, se estudia todo lo relacionado con el personal encargado de manejar estos equipos, y cualquier fuente generatriz que impida que los mismos puedan realizar las funciones por las cuales fueron instalados, dando pie a la generación de fallas funcionales importantes. Finalmente, la presente investigación pretende establecer los beneficios de un plan de mantenimiento, que cuente con los procedimientos necesarios y la frecuencia adecuada, ya que de ésta forma se optimizará

la gestión interna, al mismo tiempo de garantizar seguridad no solo a las instalaciones sino también al personal de la empresa.

Esta investigación contiene seis (6) capítulos que aportan todas las fases necesarias para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo estructurado, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I, Sección Introductoria: Comprende la descripción de la empresa, antecedentes de la investigación, planteamiento del problema, objetivos de la investigación, alcances y limitaciones del proyecto.

Capítulo II, Marco Teórico: Constituido por las bases teóricas, y la parte técnica de los equipos envueltos en las variables a estudiar.

Capítulo III, Marco Metodológico: Constituido por el tipo y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y, por último, las fases de ejecución, con la descripción de los procedimientos ejecutados en cada fase.

Capítulo IV, Desarrollo: El cual, no es más que la explicación detallada de los procedimientos implementados para validar la hipótesis inicial, y sustentar la propuesta en cuestión.

Capítulo V, Resultados: Como su nombre lo indica, refiere los resultados obtenidos del proceso que se ha llevado hasta ese punto, sustentando la alternativa de solución aquí formulada.

Capítulo VI, Conclusiones y Recomendaciones: Se trata de las consideraciones realizadas por el autor, producto del análisis de la bibliografía presentada y las mejores estrategias a ser implementadas en el plan de mantenimiento formulado.

1. CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Descripción de la empresa

Como se indica en su sitio web, Makro forma parte del Grupo Holandés SHV. En 1896, un grupo de ocho mayoristas del carbón, holandeses, algunos de los cuales habían sido empresarios y comerciantes desde el siglo XVIII, fundó la empresa “Steenkolen Handels-Vereeniging” (SHV) en Utrecht, Países Bajos.

En la mitad del siglo XX SHV decidió ampliar sus negocios y sigue realizando inversiones en varias actividades que incluyen: SHV ENERGY (Comercio y distribución del GLP / Generación de energía sustentable), Makro (Mayorista con autoservicio), NPM Capital (Gestión de fondos de inversión en capital privado), Dyas (Explotación y producción de petróleo y gas), ERIKS (Soluciones de ingeniería para la industria en general), Mammoet (Líder mundial en soluciones para el transporte de carga pesada) y Nutreco (Líder mundial en nutrición animal y en alimentación de peces).

Makro inicia sus operaciones en Holanda en el año 1968 con el concepto “Pague y lleve” y pronto se expande a otros países de Europa. En 1972 comienza operaciones en Sur América, en 1988 en Asia. Durante 1997 cierra sus operaciones en Europa y en 2014 en Asia, para concentrar su expansión en países de Sur América.

Además, mantiene operaciones en cinco países de nuestro continente con tiendas distribuidas en: Brasil (73 tiendas), Argentina (21 tiendas), Venezuela (37 tiendas), Colombia (17 tiendas) y Perú (12 tiendas). Las tiendas en Venezuela están en 21 estados de las 24 dependencias del país.

Makro inició sus actividades en Venezuela en 1992 con la inauguración de la primera tienda denominada Makro La Urbina, ubicada en la ciudad de Caracas. Hoy está presente en los estados más importantes del país y llegan al 93% de la población venezolana, convirtiéndose en la única red de tiendas mayoristas de Venezuela que apoya el crecimiento de pequeños y medianos comerciantes, gracias a la oferta de una amplia y adecuada gama de productos en presentaciones ajustadas a las necesidades

de los clientes. El organigrama de esta empresa comercializadora puede encontrarse en los anexos A.1 y A.2.

1.1.1. Misión

Es la distribución de productos con excelencia en precio, calidad y variedad para que los clientes que compran volumen, ofreciéndole ventajas y oportunidades para crecer.

Ofrece a sus clientes todo en un solo lugar, en espacios cómodos y seguros espacios. En nuestras Tiendas podrá encontrar productos de Alimentos Perecederos, Alimentos Secos y de No Alimentos.

1.1.2. Visión

Makro Venezuela invertirá en el desarrollo del talento de su gente con el fin de contribuir en el crecimiento del negocio.

1.2. Planteamiento del problema

Makro Comercializadora S.A. es una empresa de capital privado y mayorista del sector comercial fundada por un Grupo Holandés SHV.

A lo largo de sus 25 años, Makro ha estado creciendo a nivel nacional y, en la actualidad, cuenta con 37 sucursales distribuidas en diferentes regiones del país, las cuales se han ido incrementándose a través de los años. Se convierte en la mayor red de tiendas mayoristas de Venezuela, apoyando el crecimiento de pequeños, medianos comerciantes y hogares en general y contribuyendo al desarrollo social y económico del país.

Parte de esta cadena de tiendas, es la sucursal ubicada también en la ciudad de Caracas y es denominada Makro La Yaguara, la cual cuenta con 170 empleados, un área superficial para ventas al público de $6.635 m^2$ y será parte de la propuesta de trabajo de grado.

Para toda empresa industrial cuyo sistema productivo está compuesto principalmente por equipos, es importante la preservación de los mismos con el fin de

alargar su vida útil asegurando la realización de sus operaciones para las cuales fueron diseñados, permitiendo que el rendimiento y la productividad en la empresa se mantengan. Es por ello que el área temática de mantenimiento en estos casos resulta muy importante, especialmente el mantenimiento de tipo preventivo ya que se realiza antes de que ocurra la falla para así disminuir los tiempos de parada y los costos que derivan del mantenimiento correctivo.

Makro, como toda organización o empresa debe contar con un plan de mantenimiento, el cual consta de varias etapas, entre ellas: lista de actividades, estudios de tiempos, implementación de recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución. Además, mediante este mismo plan, se busca que los equipos y maquinarias operen de manera óptima para así lograr que cumplan con la función establecida.

A pesar de la importancia que tiene el mantenimiento preventivo para estos casos, la realidad en el país, en lo que se refiere a este tema, es muy diferente.

“Muchas empresas en el país realizan mantenimientos correctivos debido a los altos costos y baja disponibilidad de recursos necesarios para la reparación de los equipos, pero principalmente, se debe a la carencia de una gestión de mantenimiento basado en la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, y calibración de los equipos de una forma periódica en base a un plan establecido.” (Pérez, B. y Pérez, I., 2016, p.6).

Por su parte, específicamente en la sucursal en cuestión, la empresa no ha logrado implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para sus equipos, que con el transcurrir del tiempo pierden vida útil, operatividad y rendimiento.

Asimismo, cuando los equipos presentan alguna falla y/o subyace alguna situación de emergencia, el departamento de mantenimiento actualmente solo realiza tareas correctivas, debido a que no tienen como alcance la planificación de su trabajo para brindar una labor de carácter preventiva.

Aunado a esto, la empresa presenta poco personal para solucionar los problemas que presentan los equipos, ocasionando un mantenimiento inadecuado de los mismos.

Se evidencia la falta de rutinas en equipos, las cuales permiten fijar estudios de tiempo, frecuencias, implementación de recursos humanos y materiales, ya que a los mismos no le es posible culminar exitosamente sus actividades.

Fue posible observar que los empleados no realizan sus debidas labores, ya que la empresa no posee los insumos necesarios como lo son herramientas y materiales. No existe ningún mecanismo que permita registrar las fallas, causas y tiempo de respuesta.

Con base a todo lo expuesto anteriormente, surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera se puede diseñar para MAKRO COMERCIALIZADORA, S.A, Sucursal la Yaguara, un plan de mantenimiento preventivo aplicado en los equipos para lograr el buen funcionamiento del sistema y aumentar su vida útil?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar el proceso de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos utilizados en una empresa comercializadora de alimentos al mayor, ubicada en Caracas, Venezuela.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los equipos esenciales en cuanto a sus componentes y funcionamiento.
2. Analizar la actual Gestión de Mantenimiento aplicado a los equipos utilizados en los procesos de la empresa.
3. Determinar las rutinas del Plan de Mantenimiento Preventivo contemplando los procedimientos, frecuencias y proyectando la planificación de las actividades de mantenimiento.
4. Determinar el personal requerido, herramientas, repuestos e insumos, para realizar las labores de mantenimiento.
5. Elaborar el plan de implementación de la gestión de mantenimiento preventivo.
6. Valorar la relación costo beneficio de la implementación del proceso de gestión del mantenimiento preventivo.

1.4. Alcances de la investigación

1. Se realizará un listado de los equipos periféricos principales en operación, tomando en cuenta los detalles para su buen funcionamiento.
2. Se realizarán encuestas al personal del departamento de mantenimiento, empleados de la tienda y clientes, aplicando la norma COVENIN 2500-93 con la finalidad de recolectar información que pueda ser de utilidad para analizar la Gestión actual en el departamento aplicado a los equipos utilizados en los procesos.
3. Se realizarán formatos para la estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo de los equipos de estudio y se representarán las frecuencias con la que se ejecutará el mantenimiento preventivo.
4. Se elaborará un registro de las asignaciones para conocer la cantidad total de personal, herramientas, repuestos e insumos, que se requiere para cubrir la demanda de conservación que presenta la empresa en los equipos de estudio.
5. Se diseñará un diagrama Gantt con la finalidad de conocer las actividades que se deben realizar anualmente y que componen la implementación del plan de mantenimiento preventivo.
6. Se establecerá la estimación de los costos y beneficios asociados a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

1.5. Limitaciones de la investigación

1. Los procedimientos del mantenimiento preventivo se plantearán de acuerdo al nivel de dificultad del acceso a la información, o en su defecto a la experiencia de los trabajadores que prestan servicios a los equipos.
2. La aplicación de la encuesta al personal de mantenimiento, empleados de la tienda y clientes estará sujeta a la aceptación y disponibilidad de horarios de los mismos.
3. No cumplimiento de la estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo y desconocimiento de las fallas inmediatas del equipo, por parte del personal especializado.

4. Debido a la inexistencia de un correcto control del inventario de herramientas, repuestos e insumos, se dificulta la elaboración del registro de asignaciones, el cual reflejará la cantidad óptima de trabajadores por la cantidad de equipos.
5. El presente trabajo no posee implementación, sólo es una propuesta como un punto de partida para una correcta política de mantenimiento preventivo.
6. La empresa maneja políticas de confidencialidad con respecto a los costos, datos y cifras, varía por la falta de información y fluctuación del mercado; inflación y materiales de importación, lo que podría traer como consecuencia inexactitud en la información, procedimientos y alcances de la propuesta de grado.

2. CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Pérez y Pérez (2016) realizaron una investigación titulada Diseño de Propuesta Para la Gestión de Mantenimiento de los Equipos para la Elaboración de Agregado Liviano de una Empresa Ubicada en Charallave, Estado Miranda, para optar al título de Ingeniero Industrial en la Universidad Católica Andrés Bello. Dicho estudio, tuvo como objetivo principal la elaboración de una propuesta para la gestión de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del área de pre-elaboración y preparación de la empresa Agregados Livianos, C.A. (ALIVEN) ubicada en Charallave, Estado Miranda, la cual se encuentra constituida por Cintas Transportadoras, Rompe Terrones, Laminadores, Empastadoras, Bombas de Fuel Oil, Sistema de Recuperación de polvo e Instalaciones Eléctricas. La intención, fue darle solución a las fallas que presentaban los equipos antes denominados, minimizando las interrupciones y otros problemas que se originan en los equipos pertenecientes a las áreas de estudio, consolidando y fortaleciendo el funcionamiento efectivo de los mismos.

La metodología aplicada, fue una combinación de documental con proyecto factible, apoyada en un diseño de campo. El diagnóstico de la problemática, se realizó por medio de la observación directa no participante, entrevistas no estructuradas, análisis documental y la aplicación del multímetro como instrumento de medición. A partir de la elaboración de las fichas técnicas de los equipos en el área de estudio, caracterización de mantenimiento, y descripción de los distintos procesos que se ejecutan en la empresa para solventar imprevistos presentados mediante diagramas de flujos; se realizó un análisis de las fallas para desarrollar la propuesta de gestión de mantenimiento, utilizando una serie de formatos que permitirían registrar el funcionamiento diario de los equipos, al igual que una programación de actividades de mantenimiento periódicas, proyectadas y estandarizadas a cada uno de los sistemas.

Por último, se efectuó el estudio de Costo-Beneficio de la propuesta diseñada, para disminuir la aplicación de mantenimientos correctivos. En ese sentido, las conclusiones giraron en torno a la necesidad de disminuir las interrupciones en el sistema

y aumentar el nivel de productividad de los equipos. Por ello, la recomendación principal es que la propuesta aquí planteada, permitirá disminuir las averías imprevistas, a partir de una serie de estrategias que reconocerán cuándo, cómo y dónde practicar las actividades para prolongar la vida útil de los equipos. Igualmente, ayudará a que las fallas no programadas sean corregidas rápida y efectivamente.

Se toma como referencia a Pérez y Pérez a los fines de la presente investigación, porque se centran en la disminución de costos que ocasiona el mantenimiento correctivo, entendiendo que, desde la prevención de fallas, es posible aplicar estrategias que permitan la optimización de los equipos de la empresa motivo de estudio, impidiendo con ello la paralización de actividades operativas gracias a la detección temprana de fallas. Igualmente, destacan la importancia de la capacitación técnica del personal que manipula dichos equipos, en función de una mejor manipulación.

Por último, Moreno (2012) realizó una investigación titulada Diseño de una Gestión para la Planificación del Mantenimiento de los Equipos de Estacionamiento de una Universidad Privada en la Ciudad de Caracas, para optar al título de Ingeniero Industrial en la Universidad Católica Andrés Bello. Dicho documento, tuvo como objetivo central establecer protocolos para el mantenimiento de los equipos que funcionan en el área de estacionamiento de la Universidad Católica Andrés Bello, en vista de que los equipos no siguen acciones normadas, y a ello se le suma el criterio empírico del Jefe de Estacionamiento al intentar solventar fallas recurrentes tanto a la entrada como salida de vehículos.

Con una metodología basada en el diseño no experimental – de campo, en conjunto con el proyecto factible, se utilizaron como herramientas de recolección de datos: el diagrama de procesos, diagrama causa – efecto, análisis de criticidad, análisis de modo y efecto de fallas; además de la aplicación de encuestas, entrevistas no estructuradas y observación directa. Por consiguiente, las conclusiones arrojaron fallas recurrentes en los controles de acceso a los estacionamientos del centro educativo, falta de control en las actividades de mantenimiento de los equipos que se encuentran en el estacionamiento, desconocimiento de los trabajadores que manipulan dichas maquinarias, y ausencia de manuales o protocolos de funcionamiento.

De allí que, las recomendaciones propuestas que lograron determinar las fallas más recurrentes en los equipos que integran la red de estacionamientos, realización de inventarios y manuales de procedimientos basados en los protocolos de funcionamiento de los fabricantes, además del establecimiento de formatos de control donde queden reflejadas fallas y actividades de corrección, a fin de establecer un formato de mantenimiento periódico evitando así el costo por corrección.

Se toma como referencia a Moreno a los fines de la presente investigación, porque realizó manuales de mantenimiento, entendiendo que el personal que trabaja en la red de estacionamiento de la Universidad Católica Andrés Bello, no tiene un perfil de contratación que indique conocimientos técnicos en equipos mecánicos y, por la misma causa, no puede tampoco establecerse un plan de capacitación. Por lo tanto, las actividades versaron en un trabajo manual periódico, que permitiera diagnosticar por patrones de tiempo posibles fallas, para de esta forma aplicar protocolos preventivos y no correctivos, lo cual permitirá optimizar la gestión general de la red de estacionamientos.

La tercera investigación tomada en cuenta en la realización de este trabajo especial de grado, es la llevada a cabo por los autores Laura J. Bustamante Z. y Joanna del V. Ramos Gil (Abril 2009), cuyo objetivo general fue diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa que presta servicios en el área de telecomunicaciones.

Este trabajo de investigación comenzó con un diagnóstico de la situación actual de la empresa a través de una Auditoría Interna. Luego se aplicó un análisis estructural para priorizar la criticidad de las deficiencias. Posteriormente se estudiaron los principios básicos del TPM para su implementación dentro de la empresa; y, por último, se propuso un Sistema de Información Computarizado para la Gestión del Mantenimiento.

La contribución de esta investigación al presente trabajo especial de grado, radica en el manejo y aplicación de la Norma 2500-93 para diagnosticar la efectividad de la gestión de mantenimiento actual de la empresa.

2.2 Conceptos fundamentales

2.2.1 Gestión de Mantenimiento

Según La Norma Venezolana COVENIN (2001) la gestión de mantenimiento se define como “La efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento”.

2.2.2 Mantenimiento

Según García (2009), “se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento” (p.1).

El mantenimiento permite, además, garantizar que los equipos y sistemas que componen un proceso productivo cumplan con las funciones y los objetivos para los cuales fueron diseñados.

2.2.3 Objetivos del mantenimiento

De acuerdo con Ribis (2015) los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

- Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción. Es decir, proporcionar seguridad de que no existirán paradas durante las operaciones de producción. (Cero paradas)
- Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones. (Cero accidentes)
- Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación. (Cero defectos)
- Utilizar al máximo los recursos disponibles. (Cero desperdicios)
- Preservar el valor de las instalaciones, minimizando su uso y deterioro.
- Reducir al mínimo el tiempo ocioso que resulta de las paradas.
- Mantener un alto nivel de Ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado.
- Conseguir todas estas metas de la forma más económica posible.

2.2.4 Mantenimiento correctivo

De acuerdo con Campbell, Raouf y Duffua (2010), este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo ya no puede funcionar. No hay ningún elemento de planificación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso cuando el coste adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. Este tipo de estrategia se denomina a veces estrategia de ejecución a falla. Se aplica principalmente a componentes electrónicos.

El mantenimiento correctivo, según Ribis (2015) puede subdividirse de acuerdo a los siguientes tipos: mantenimiento correctivo por equipos y mantenimiento correctivo por servicios.

- **Correctivo por Equipos:**

Se obtiene cuando la implementación del trabajo correctivo es el resultado de las informaciones dadas por el mantenimiento preventivo, pero no llega a producir falta de servicio al usuario ni tiempos de parada al sistema a mantener. En algunos casos, se le llega a llamar habitual, especialmente cuando ocurren problemas repetitivos que no se corrigen oportunamente (Ribis, 2015, p.18).

Este tipo de mantenimiento correctivo se aplica mayormente en casos donde se requiera la provisionalidad dentro de los sistemas de mantenimiento, en los cuales no implican tiempos de parada, pero afectan la operatividad de ciertos equipos.

- **Correctivo por Servicios:**

A diferencia del mantenimiento correctivo por equipos, el mantenimiento correctivo por servicios implica necesariamente paradas parciales o completas de los sistemas, acarreado la posible falta de disponibilidad de los equipos (Ribis, 2015). Además, es el tipo de mantenimiento que conlleva una gran cantidad de costos que, en la mayoría de los casos, son impredecibles.

El mantenimiento correctivo por servicios es el tipo de mantenimiento que trata las condiciones más desfavorables para cualquier gestión de mantenimiento (Ribis, 2015).

2.2.5 Mantenimiento preventivo

Según Ribis (2015), puede ser definido “como la conservación planeada de fábrica o por personas de experiencia en los sistemas, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas”. Se puede a su vez clasificar en tres tipos:

- **Preventivo Sistemático:**

“Es aquel que tiene una frecuencia determinada y que se debe ejecutar mediante órdenes continuas indicadas por el encargado de mantenimiento con suficiente antelación para el manejo de la organización de trabajo. Su implementación decidirá el inventario de partes y piezas, las herramientas que deberán usarse para cada actividad, así como la cantidad y calidad de la mano de obra requerida. Se le denomina también de rutina y cubre todas las inspecciones, chequeos, lubricación general, limpieza de partes y piezas”.

- **Preventivo Predictivo:**

“Se define como la conservación mediante registros exactos de la localización y utilización de una variedad de equipos para sustituir partes o piezas que se prevean que puedan fallar, antes de que ocurra un evento que paralice la función del equipo o servicio. Requiere de una serie de toma de datos particulares del sistema, así como tener a mano las recomendaciones del fabricante o de personas de experiencia en sistemas similares al que se trabaja, para determinar con un tiempo no menor de seis (6) meses su implementación”.

- **Preventivo en Operación:**

“Se define como mantenimiento preventivo en operación a “aquel que requiere que la actividad de mantenimiento preventivo se realice mientras que el equipo se mantenga en funcionamiento, porque no pueda detenerse o por razones operativas, de acuerdo a los requerimientos del sistema”.

Usualmente, este tipo de mantenimiento es ejecutado mediante herramientas o instrumentos especiales, como indicadores de vibración, detectores de gas, entre otros.

2.2.6 Planificación del Mantenimiento

Según Ribis (2015), se define como “El uso de un método sistemático y organizado de análisis de trabajo, el cual se debe disponer de tal manera, que tanto los hombres como las actividades, se utilicen de la forma más racional posible”. Se recomienda seguir los siguientes pasos para una correcta planificación del trabajo de mantenimiento:

- **Inventario técnico**

La función de este punto es recaudar, de una manera concisa, toda la información posible de las unidades que componen el sistema a mantener, anotando tanto los datos de la placa de identificación de los equipos como desglosando los puntos más importantes que reporten los catálogos entregados por los fabricantes o instaladores.

- **Clasificación de los equipos**

Los equipos a mantener dentro de un sistema deben clasificarse convenientemente para conocer los recursos materiales y humanos que se requieren para la ejecución de las labores indicadas.

- **Selección del tipo de mantenimiento**

De acuerdo a los resultados de la auditoría técnica y de la clasificación de los equipos, se podrá realizar la selección del tipo de mantenimiento más acorde a las necesidades de la empresa o cliente.

- **Codificación de los equipos**

Es el conjunto de letras y números (alfanuméricos) ordenados de manera tal que permite identificar totalmente la actividad de mantenimiento que debe realizarse a un equipo en particular. Debe ser manejada por el personal encargado físicamente del trabajo, de una manera sencilla y logrando el máximo de información.

- **Implementación de materiales, herramientas y recursos humanos**

De acuerdo con la auditoría técnica y la selección del tipo de mantenimiento, así como dependiendo del tamaño de la empresa, se podrán elegir tanto los diferentes materiales y herramientas necesarios y el tipo y cantidad de mano de obra requerida para las diferentes actividades de mantenimiento.

- **Formatos de control**

Son formatos con información precisa para su posterior utilización, con el fin de registrar efectivamente las actividades de mantenimiento y se continúe con el proceso iterativo de control del sistema para su mejora y ahorros en tiempos y costos. Algunos formatos de control son los siguientes:

1. **Informe de Trabajo Realizado (ITR):** Es un formato en el cual se debe registrar el trabajo realizado detallando los materiales, herramientas y mano de obra utilizada, así como el tiempo empleado en la actividad ejecutada. A su vez debe sugerir las recomendaciones necesarias para mejorar la operación de los sistemas, como los repuestos, partes o piezas que se necesiten prever para futuros trabajos. El ITR debe llevar la firma del responsable de su ejecución y del supervisor respectivo que avale la información entregada. Este informe se usa como base para el control de inventario, costo e inversión.
2. **Hoja de Vida/ Ficha Técnica:** La hoja de vida de un equipo es un formato de trabajo propio de cada organización, donde se registra el nombre, función del equipo, sistema al cual pertenece, ubicación física, marca, modelo, serial, condiciones eléctricas y mecánicas importantes y en general todas aquellas especificaciones que se consideren útiles.
3. **Órdenes de Trabajo (O/T):** Son aquellas por las cuales se ejecuta cada tipo de trabajo de mantenimiento y sirven como base para emitir órdenes posteriores una vez se disponga del costo estimado de referido trabajo. En ellos se debe incluir información relevante como: fecha de la actividad, descripción de la actividad, materiales y mano de obra utilizada, especificaciones del equipo a mantener y firma del solicitante (Ribis, 2015). Estas órdenes de trabajo pueden utilizarse tanto

para trabajos de mantenimiento preventivo como para los de mantenimiento correctivo.

2.2.7 Programación de Mantenimiento

De acuerdo con Campbell, Raouf y Duffua (2010) es “la necesidad de elaborar y evaluar cada parte de un conjunto interrelacionado de decisiones antes de que se inicie una acción, de asignar recursos, de contar con fecha de iniciación y de determinación de cada actividad del proyecto, y el control de proceso completo, que aunque separadas están interrelacionadas y que deben ser considerados para producir un plan y un programa, haciéndose necesario un sistema dinámico de planificación, programación y control. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Manuales del fabricante.
- Actividades a realizarse.
- Materiales a usar.
- Herramientas.
- Recursos humanos.
- Frecuencia.
- Tiempo estándar de la actividad.
- Métodos de programación.

2.2.8 Procedimientos Operativos Estándar (POE)

De acuerdo con Ribis (2015), en la planificación del mantenimiento se seleccionan las actividades de mantenimiento preventivo correspondientes a los equipos y/o sistemas a mantener. Sin embargo, en la programación se describen, de manera detallada, referidas actividades de acuerdo a todos y cada uno de los pasos que debe efectuar el personal competente para cumplir con la orden de trabajo establecida. El conjunto de pasos para la ejecución de una actividad de mantenimiento se conoce como Procedimiento Operativo Estándar (POE).

Estos POE, según Ribis (2015), permiten al personal estar completamente informado tanto de la forma en que debe efectuarse el trabajo de mantenimiento, como

de los riesgos que implica la ejecución del mismo. En este sentido, se debe reflejar en los POE los implementos de seguridad requeridos (según aplique) y los momentos en que deben utilizarse durante el desarrollo de referido trabajo.

2.2.9 Recursos de Mantenimiento

Según la Norma Venezolana COVENIN (2001) son todos los insumos necesarios para realizar la gestión de mantenimiento, tales como: humanos, materiales, financieros u otros.

2.2.10 Sistemas Productivos

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN (2001), “Son aquellas siglas que identifican a los sistemas productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento”.

2.2.11 Vida Útil

Según la Norma Venezolana COVENIN (2001), es el “Periodo durante el cual un sistema productivo cumple un objetivo determinado, bajo un costo aceptable para la organización”.

2.2.12 Criticidad de equipos

Según la Norma Venezolana COVENIN (2001), es una calificación que se establece según consecuencia de la falla de los sistemas productivos en la misión de la organización. Los criterios para la calificación son: efectos sobre la producción, disponibilidad, seguridad y servicio.

2.2.13 Costo de Mantenimiento

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN (2001), “Es la sumatoria en términos monetarios, de los recursos humanos y materiales, asociados a la gestión de mantenimiento. La ejecución de estos se transforma en gastos”.

2.2.14 Falla

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN (2001), es un “Evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impide que estos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no la cumplan”.

2.2.15 Montacargas

Es un vehículo de transporte que puede ser utilizado para transportar, remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos. Son maquinarias que funcionan con dos pesos que se contraponen entre sí en lados opuestos de un punto de giro: las ruedas delanteras. La carga que transporta se balancea por un centro de gravedad que balancea en todas las direcciones. Este centro de gravedad determina su estabilidad. Los montacargas son de uso corriente en comercios e industrias. Requiere de un entrenamiento para su manejo y el conocimiento de las normas de seguridad.¹

2.2.16 Transpaletas

La transpaleta es una carretilla de pequeño recorrido de elevación, trasladable a brazo, equipada con una horquilla formada por dos brazos paralelos horizontales unidos sólidamente a un cabezal vertical provisto de ruedas en tres puntos de apoyo sobre el suelo y que puede levantar y transportar paletas o recipientes especialmente concebidos para este uso.

En sus dos versiones, transpaleta manual y transpaleta eléctrica, se trata de equipos de transporte, no de elevación. Las manuales las maneja un operario que debe ir a pie, mientras que, en las eléctricas, la persona puede ir a pie o montada en ellas, según el modelo. Transpaletas eléctricas operadas a pie disponen de motores, tanto para facilitar su desplazamiento como para levantar ligeramente el palet del suelo. El operario acompaña el transpaleta a pie y lo maneja con unos mandos.²

¹ Máquinas Industriales. Fuente: <http://www.revolucionesindustriales.com/maquinasindustriales/montacargas>.

² Mecalux. Fuente: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/carretillas/carretilla-trilateral/> (2018).

Tamborero, José. Carretillas manuales: transpaletas manuales. Fuente: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_319.pdf

2.2.17 Apiladoras

Son equipos especializados de elevación, apoyan en las tareas de carga y transporte de objetos de grandes dimensiones y pesos, sobre todo para el sector industrial. Están compuestas por cabinas o jaulas de metal, que se desplazan verticalmente y se utilizan para elevar o bajar cargas. Las cabinas están provistas de patines que se desplazan por guías verticales, el movimiento se realiza gracias a contra pesos que, generalmente, son bloques de fundición.³

2.2.18 Neveras

Aparatos que se utilizan para la conservación a baja temperatura de alimentos perecederos. Según el principio en el que se basa la producción del frío, se distinguen dos tipos, los de compresión y los de absorción.

Para reducir la temperatura, los primeros utilizan la compresión y la posterior expansión de un gas, mientras que los de absorción aprovechan la evaporación y posterior condensación de una mezcla de agua y amoníaco calentada mediante una resistencia eléctrica.⁴

2.2.19 Cavas

Es un espacio con temperaturas muy inferiores a las de su alrededor, hoy en día se utiliza mucho en la mayoría de procesos industriales. En la industria de alimentos, los cuartos fríos deben mantener una temperatura constante que permita la buena conservación de los alimentos. Para eso se cuentan con varios dispositivos que controlan no solo la temperatura, sino también la microbiología del lugar, la humedad relativa, el tiempo refrigerado, entre otras variables.⁵

³ Tymbia. Nosolotranspaletas. Fuente: <https://nosolotranspaletas.wordpress.com/2017/03/30/que-es-un-apilador/>.

⁴ Definición de refrigerador. Fuente: <https://conocimientosweb.org/definicion-de-refrigerador/> (2011).

⁵ Castellanos, Efraín (2012). Guía técnica para el diseño de cuartos fríos. Fuente: https://efrainpuerto.files.wordpress.com/2012/02/puerto_efrain_guia_tecnica_para_el_disec3b1o_de_cuartos_frios.pdf.

2.2.20 Rack de frío

Son sistemas automáticos de refrigeración con compresores múltiples instalados en paralelo, utilizados para aplicaciones comerciales e industriales. Generalmente son diseñados para brindar un mayor ahorro de energía y mejor consumo en relación a su operación frigorífica; además, estos equipos ofrecen seguridad en su manejo, así como retroalimentación e información del equipo.⁶

2.2.21 Planta eléctrica

Un generador eléctrico es un dispositivo que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Dicha transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura, también llamada estator. El generador eléctrico está compuesto de una serie de elementos a través de los cuales consigue operar correctamente.

- Motor: Es la parte más importante porque es la fuente de la fuerza mecánica inicial.
- Alternador: Es el encargado de la producción de la salida eléctrica y de entrada mecánica en los generadores eléctricos.

A su vez, el alternador está formado por el estator cuya parte es fija a la máquina, tiene forma de cilindro hueco y el rotor se encuentra en el interior del estator. Entre el estator y el rotor existe una holgura denominada entrehierro, el cual impide que ambas partes rocen entre sí. En el entrehierro tienen lugar los fenómenos electromagnéticos que permiten la conversión de energía eléctrica en mecánica y viceversa.

El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas. En el rotor de la máquina se encuentra un núcleo magnético, bien cilíndrico o bien de polos salientes, sobre el que se coloca el devanado, bobinado o arrollamiento del rotor. El núcleo magnético tiene un

⁶ Lozano, Diana. Ruiz, Lorena. RACK: sistemas de refrigeración ideales en autoservicios. Fuente: RACK: sistemas de refrigeración ideales en autoservicios. (2018).

hueco central donde se sitúa el eje o árbol de la máquina, el cual se fija rígidamente al mismo mediante una chaveta.⁷

2.2.22 Sala de baterías

Se entiende como local de carga de baterías, aquel en el que se cargan baterías en grandes series, fuera de los equipos y vehículos que las utilizan. Las instalaciones para carga de baterías deben estar situadas en zonas diseñadas para ese objetivo.⁸

2.3 Herramientas Utilizadas

2.3.1 Análisis de criticidad

Es una metodología que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, es decir, que es un instrumento de ayuda en la determinación de procesos o actividades que requieran de mayor importancia para su resolución. Para el empleo de este análisis se requiere la elaboración de una matriz que incluya los criterios para realizar un análisis de criticidad, los cuales son:

- a) **Daño ambiental**, cuyos valores son: Ninguno: no se genera daño ambiental. Leve: no se genera daño ambiental, pueden existir consecuencias en el ambiente. Menor: puede presentarse daño ambiental, sin consecuencias para el ambiente. Localizado: puede presentarse daño ambiental con consecuencias mínimas para el ambiente. Considerable: se presenta daño ambiental con consecuencias considerables.
- b) **Salud y seguridad**, cuyos valores son: Ninguna lesión: sin consecuencias para el personal que realiza el mantenimiento. Lesión leve: golpes, cortadoras o raspones en la piel. Menor: quemaduras leves, descargas eléctricas leves por contacto en los cables conductores de electricidad de los equipos. Considerable: quemaduras y descargas eléctricas considerables. Mayor: quemaduras y

⁷ Katolight Installation Guide for Katolight standby power systems. Katolight Corporation.

⁸ Sierra, Emilio. Locales de carga de baterías de acumuladores eléctricos de plomo-ácido sulfúrico. Fuente: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_617.pdf .

descargas eléctricas graves que requieran asistencia de paramédicos y ambulancia.

- c) **Perdidas económicas**, cuyos valores dependen del costo que genera la compra de las piezas afectadas, para establecer intervalos de precios desde el menor hasta el mayor valor.
- d) **Frecuencia de ocurrencia**, cuyo valor está entre 0% y 100%, distribuidos en cuatro (4) intervalos representados por las letras a, b, c y d que serán sustituidos por los valores de % de frecuencia que se obtienen del análisis que se realice. Cada intervalo caracteriza el tipo de probabilidad de frecuencia, puede ser baja (B), normal (N), leve (L) o elevada (E).
- e) **Consecuencias**, dependiendo del grado de criticidad que establecen los criterios de pérdidas económicas, salud y seguridad, y daño ambiental, en conjunto con la probabilidad de frecuencia, se ubica la actividad evaluada dentro de la matriz y se define que la actividad tiene una consecuencia baja, normal leve, mediana o elevada.

2.3.2 Diagrama Gantt

Según Díaz (2005), el diagrama de Gantt consiste en una representación gráfica de la extensión de las actividades del proyecto sobre dos ejes: en el eje vertical se disponen las tareas del proyecto y en horizontal se representa el tiempo. Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado. La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden.

2.3.3 Diagrama Ishikawa

Según Aiteco Consultores (2015), el diagrama Causa-Efecto de Ishikawa, conocido también como diagrama de “espina de pescado”. De las siete herramientas básicas de la calidad, es la única de naturaleza no estadística. En su base está la idea de que un problema puede estar provocado por numerosas causas, contrarrestando la tendencia a considerar una sola de ellas. Las ramas principales del diagrama causa-

efecto de Ishikawa son las que constituyen las categorías bajo las cuales se relacionarán otras posibles causas.

2.3.4 Diagrama de Pareto

Según Gutiérrez Pulido (2008), se trata de un gráfico especial de barras, cuyo objetivo es ayudar a encontrar el o los problemas más importantes, así como sus causas. La idea es elegir un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. Se trata de un criterio rápido para conocer si la primera barra es significativamente más importante que las demás, no es que represente el 80% del total, más bien es que al menos duplique en magnitud al resto de las barras, es decir, es necesario verificar si la barra predomina sobre el resto.

2.3.5 Depreciación

Según Spiller (1988), es la reducción del valor histórico de las propiedades, planta y equipo por su uso o caída en desuso. La contribución de estos activos a la generación de ingresos del ente económico debe reconocerse periódicamente a través de la depreciación de su valor histórico ajustado. Con el fin de calcular la depreciación de las propiedades, planta y equipo es necesario estimar su vida útil y, cuando sea significativo, su valor residual.

2.3.6 Método de Línea Recta

Según Blank (2002), es el método de depreciación más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto. Este método distribuye el valor histórico ajustado del activo en partes iguales por cada año de uso. Para calcular la depreciación anual basta dividir su valor histórico ajustado entre los años de vida útil.

2.3.7 Flujograma de Procesos

El flujograma de procesos consiste en lo siguiente:

Son representaciones gráficas que describen la secuencia cronológica de las actividades que conforman un determinado proceso. Se pueden representar de forma vertical (para leer de arriba abajo) o en horizontal (para leer de izquierda a derecha). Deben tener un inicio y un fin determinado (Chase & Jacobs, 2009).

2.4 Técnicas de Valoración Económica

2.4.1 Depreciación de Activos

Es la reducción del valor histórico de las propiedades, planta y equipo por su uso o caída en desuso. La contribución de estos activos a la generación de ingresos del ente económico debe reconocerse periódicamente a través de la depreciación de su valor histórico ajustado. Con el fin de calcular la depreciación de las propiedades, planta y equipo es necesario estimar su vida útil y, cuando sea significativo, su valor residual o de rescate.⁹

2.4.1.1. Método de Depreciación: Línea recta

Es el método de depreciación más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto. Este método distribuye el valor histórico ajustado del activo en partes iguales por cada año de uso. Para calcular la depreciación anual basta dividir su valor histórico ajustado entre los años de vida útil.¹⁰

$$\textit{Depreciación Anual} = \frac{\textit{Valor del Activo} - \textit{Valor Residual}}{\textit{Vida Útil}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

2.4.2. Valor Actual Neto (VAN)

La selección de un proyecto industrial no puede realizarse arbitrariamente, sino que debe ser el resultado de una decisión cuidadosa, basada sobre consideraciones

⁹ Spiller, E & Gosman, L. Contabilidad financiera. México D.F: McGraw-Hill. (1988), pg.307-314.

¹⁰ Leland, B & Anthony, T. Ingeniería Económica. Editorial McGraw Hill (2002), pg. 224-245.

objetivas. Las técnicas de valoración económica miden las ventajas y desventajas de un proyecto y lo compara con otros, con el propósito de que los recursos disponibles sean asignados a aquellos proyectos que sean más factibles, de esta forma, guían la selección de un curso particular de acción de entre varias alternativas por métodos cuantificados. En ese sentido, existe la técnica del VAN que consiste en la diferencia entre los flujos anuales netos (expresados en moneda actual) y la inversión inicial en el año cero (0) del periodo de evaluación. En otras palabras, el Valor Actual Neto es equivalente al valor actualizado al año cero de los flujos de caja netos actuales del proyecto.¹¹

El VAN se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = \frac{\sum FAN}{(1 + TMAR)^n}$$

(Ecuación 2)

Dónde:

- VAN = Valor Actual Neto.
- n = Número del Período de Evaluación.
- FAN = Flujo Actual Neto.
- IO = Inversión Inicial.
- TMAR = Tasa Mínima Atractiva de Retorno.

Los criterios de aceptación o rechazo de un proyecto según el VAN son los siguientes:

- a) Si $VAN > 0$, el plan permite un ahorro de unidades monetarias por encima de lo exigido y, por lo tanto, el plan es factible.
- b) Si el $VAN \leq 0$, el plan propuesto no logra una disminución de los costos y, por tanto, el plan no es factible.

¹¹ Leland, B & Anthony, T. Ingeniería Económica. Editorial McGraw Hill (2002), pg. 224-245.

2.4.3. Método de Regresión: Regresión Exponencial

Es una técnica de Análisis Numérico en la que, dados un conjunto de pares o ternas se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos (un “mejor ajuste”). En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos. Este método sólo sirve para ajustar modelos lineales. A partir del método de los mínimos cuadrados se obtienen las Ecuaciones de Regresión y tienen varias aplicaciones: Descripción y construcción de modelos, Predicción y estimación, Estimación de parámetros y Control, entre otras.

Aunque la regresión lineal, tiene aplicación en muchos problemas, en algunos casos, la relación que liga las variables exige la utilización de ajustes no lineales. No obstante, incluso en estas últimas situaciones, por su sencillez suele aplicarse la regresión lineal aprovechando el que casi toda función (curva) puede aproximarse por una recta en un pequeño dominio.

El método exponencial establece que la ecuación general para realizar estimaciones sobre una variable de estudio tiene la siguiente expresión:

$$Y = ab^x$$

(Ecuación 3)

El método exige transformar la función exponencial en una función lineal. Esto se hace tomando logaritmos en la ecuación general, de modo que la expresión resultante con esta transformación es la siguiente:

$$\log(Y) = \log(a) + x\log(b)$$

(Ecuación 4)

La expresión anterior corresponde con la ecuación de una recta punto-pendiente ($Y = A + BX$), solo que está expresada en términos de logaritmos. De esta forma, los parámetros de la ecuación general pueden obtenerse de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$a = a \log(A) = 10^A$$

(Ecuación 5)

$$b = b \log(B) = 10^B$$

(Ecuación 6)

2.4.4. Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Según Leland (2002), arroja el valor mínimo de la tasa de retorno necesario para que un plan propuesto sea financieramente aceptable¹². Para ello, se utiliza la siguiente ecuación:

$$TMAR = i_{PROM} + T_{RIESGO} + (i_{PROM} \times T_{RIESGO})$$

(Ecuación 7)

Dónde:

- TMAR = Tasa Mínima Atractiva de Retorno.
- i_{PROM} = Tasa Inflacionaria Promedio.
- TRIESGO = Tasa de Riesgo.

2.4.5. Flujo Actual Neto y Proyectado

Según Leland (2002), corresponde a la cantidad de efectivo real que entra y sale durante el período de tiempo en estudio¹³. La expresión matemática para su obtención es la siguiente:

$$FANP = FANx (1 + i_{PROM})^n \quad \text{(Ecuación 8)}$$

¹² Leland, B & Anthony, T. Ingeniería Económica. Editorial McGraw Hill (2002), pg. 224-245.

¹³ Leland, B & Anthony, T. Ingeniería Económica. Editorial McGraw Hill (2002), pg. 224-245.

Dónde:

- FANP= Flujo Actual Neto Proyectado.
- FAN= Flujo Actual Neto.
- iPROM = Tasa Inflacionaria Promedio.

3. CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para Ballestrini (2010), la metodología representa la manera de organizar el proceso de investigación, es decir, es la forma de estudiar los datos y analizar los resultados. En ese sentido, a continuación, se describe todo lo relacionado con el proceso metodológico. Por consiguiente, aquí se encuentra el tipo y diseño de la investigación, fases de realización, población, muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.1 Nivel de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda el proyecto, puede ser de tipo exploratoria, descriptiva o explicativa.

La investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o supo con establecer su estructura o comportamiento”¹⁴. Este estudio es considerado entonces como una investigación de tipo descriptiva, ya que se caracteriza a detalle tanto el mantenimiento actual como el diseñado, estableciendo todos los aspectos relevantes de sus sistemas y procedimientos.

3.2 Tipo de investigación

Según el Manual de Trabajos de Grado, de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de UPEL (2015):

“El proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. Debe tener apoyo en una investigación documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades”. (p.21)

¹⁴ Palella Stracuzzi, Santa. Metodología de la investigación cualitativa. Editorial FedupeL. Caracas, Venezuela (2006). Segunda edición. Página .87

De acuerdo con lo anterior, cabe señalar que el proyecto factible se centra en la resolución del problema, de forma operativa, ya que el investigador, propone estrategias para solventar la problemática planteada con base en teorías e información de campo. A los fines de la presente investigación, se tomó la modalidad de proyecto factible porque se diseñó un plan de mantenimiento preventivo, dirigido a los equipos que dan servicios y soportes a la línea de producción en Makro, sucursal La Yaguara, tomando en cuenta los diferentes modelos de montacargas, transpaletas, apiladoras, neveras, cavas, rack de frío, sala de baterías y planta eléctrica. Dicha propuesta surgió ante la necesidad de disminuir el índice de fallas que presentan dichos equipos, las cuales ocasionan paradas innecesarias en la línea de operación principal, al no poder transportar, agrupar y almacenar la mercancía con facilidad, mantener en buen estado los alimentos perecederos y la operatividad eléctrica de la tienda, todo esto conlleva a un atraso de forma implícita en el funcionamiento operativo de la misma. Entonces, la intención es aplicar medidas correctivas a tiempo, para así optimizar el funcionamiento interno de la empresa.

3.3 Diseño de la investigación

A los fines de la presente investigación, cabe mencionar que el diseño fue de campo – documental. Para Hurtado (2011), la investigación de campo: “Es el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios” (p.86)

Asimismo, la investigación documental según Ballestrini (2010) “...se restringe a la búsqueda de documentos, es decir, búsqueda bibliográfica, pero se debe aclarar que, a la hora de llevar a cabo una investigación, los documentos no son las únicas fuentes para construir conocimiento” (p.84). Tomando en cuenta lo anterior, en la presente investigación se tomaron diferentes teorías como base para la realización del diseño, las

cuales son producto de la recopilación bibliográfica, artículos especializados, y otros trabajos de investigación relacionados con la problemática.

3.4 Población y muestra

De acuerdo con Arias (2012), la población se define como “...un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p. 52). Por otra parte, Palella y Martins (2010) definen la muestra como “un subconjunto de la población, accesible y limitado, sobre el que realizamos las mediciones o el experimento con la idea de obtener conclusiones generalizables a la población” (p. 105).

Para la recolección de datos e información necesaria para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se tomó como población, todo el personal relacionado con el mantenimiento, ya que tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo este diseño propuesto. No se empleó ningún tipo de muestreo para la búsqueda de información, debido a que se trabajó con la población en su totalidad. En la sección de anexos A.3 se presenta una tabla, con la descripción del personal que formo parte de la población de este trabajo especial de grado.

Por otra parte, con respecto a los equipos que dan servicios y soportes a la línea de producción existentes en la tienda, solo se estudiaron las unidades con criticidad muy alta, alta y moderada, es decir, la población está constituida por la totalidad de equipos (226 unidades) y la muestra por los seleccionados en el análisis de criticidad (168 unidades), los cuales fueron escogidos intencionalmente por el investigador, de acuerdo a lo planteado por Arias (2012): “Muestreo Intencional u Opinático: selección de los elementos con base en criterios o juicios del investigador” (p. 55). Este tipo de muestreo es no probabilístico y según Arias (2012) “es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra.”

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El término técnicas de recolección de datos, hace referencia a la forma en que el investigador obtendrá la información necesaria para el desarrollo del trabajo de

investigación. Al respecto, Arias (2012) define esta serie de procedimientos de la siguiente forma: “se entenderá por técnica de investigación el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 55). En ese sentido, para los fines de la presente investigación se utilizó la observación directa, entendiendo por ello según Hernández, Fernández, y Batista (2012), que “...se traduce en el detallar de la totalidad del objeto de estudio para luego formular una hipótesis preliminar en cuanto al fenómeno en cuestión y de allí partir con la investigación a profundidad del mismo” (p. 321). Las entrevistas no estructuradas son, según Arias Ordón (2012), como “una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. En la modalidad de no estructurada no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, está orientada por unos objetivos preestablecidos que permiten definir el tema de la entrevista. Por último, están las encuestas donde Hurtado de Barrera (2008) establece que, “La técnica de encuesta es aquella en que la información se obtiene a través de preguntas a otras personas, pero en ella no se establece un diálogo con el entrevistado y el grado de interés es menor.”

3.6 Fases de la Investigación

A continuación, se listan cada una de las etapas para el desarrollo de este trabajo especial de grado:

1. Levantamiento y análisis de la situación actual de mantenimiento, mediante el empleo de la Norma 2500-93 y las diez (10) mejores prácticas de la gestión del mantenimiento.
2. Caracterización de los equipos.
3. Diseño de formatos de control.
4. Programación del mantenimiento preventivo.
5. Diseño de indicadores de gestión.
6. Estudio de costos y factibilidad económica.

3.7 Operacionalización de las variables

Es necesario definir, de manera precisa, cada una de las variables involucradas en el desarrollo del proyecto de investigación, para así cumplir los objetivos planteados. Esto se logra estableciendo la operacionalización de las variables tal como se observa en el anexo A.4.

4. CAPÍTULO IV

SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se realiza una descripción de los procedimientos del mantenimiento que maneja actualmente la organización, los cuales son representados mediante tres diagramas de flujo. Adicionalmente, se presenta el diagnóstico y la evaluación de la situación actual en conjunto con la aplicación de la norma 2500-93 y el estudio de las 10 mejores prácticas de la gestión del mantenimiento y mediante un análisis, se procede a describir las fortalezas y debilidades del sistema. El contenido de estos aspectos presentados, evidencia la necesidad de un plan de mantenimiento preventivo que mejore la gestión del sistema.

4.1 Descripción del procedimiento del mantenimiento actual

El mantenimiento que se realiza actualmente en la organización se basa mayormente en la corrección de fallas que se evidencian en los equipos. La ejecución de las acciones de mantenimiento se maneja de dos maneras: actividades llevadas a cabo por el personal interno del departamento y las realizadas mediante la subcontratación.

La tienda maneja dos tipos de subcontratación:

- **Contratistas Fijas:** Representan un mismo costo mensual, el cual está estipulado en un contrato, independientemente de la cantidad de trabajos ejecutados en el mes.
- **Contratistas eventuales:** Solo llevan a cabo el mantenimiento cuando se les solicita y representan un costo variable que depende del trabajo realizado.

Actualmente, la tienda no cuenta con un plan formal de mantenimiento preventivo estructurado. Debido a esto, no se dispone de data suficiente de las labores preventivas realizadas. El horario operativo de la tienda se divide en los siguientes turnos:

Turnos de Trabajo	1° Turno	2° Turno	3° Turno
Horarios	7 a.m. – 4 p.m.	8 a.m. – 5 p.m.	9 a.m. – 6 p.m.

Tabla N°1: Turnos de trabajo diarios dentro de la organización.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Mantenimiento con el personal interno de la tienda

El departamento de mantenimiento cumple con un sistema de rotas diarias, las cuales se dividen en rotas de apertura y cierre. Adicionalmente, cuenta con un (1) jefe y tres (3) técnicos, la distribución de la rota semanal de los técnicos en el departamento se realiza mediante un acuerdo entre los operarios y el jefe del departamento.

El técnico que esté realizando su turno de rota se encarga del mantenimiento menor de la tienda, mientras que los otros se encargan de las asignaciones de las órdenes de trabajo que se necesitan realizar.

Utilizando este método, se asegura que los trabajadores cuenten con dos (2) días de descanso consecutivo semanal. En el anexo B.1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de realización de las actividades de mantenimiento ejecutadas por personal propio, en base a las órdenes de trabajo (O.T) generadas.

La persona encargada de recibir las órdenes de trabajo y llevar el estatus de cada una es el Jefe del departamento y también es el encargado de supervisar la ejecución de las actividades.

Actualmente el personal interno se encarga del 74,34 % del total de los equipos. Este cálculo puede observar a continuación:

$$\% \text{ equipos MDO interna} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos (MDO interna)}}{\text{Total de equipos}} = \frac{168}{226} * 100 = 74,34 \%. \quad (\text{Ecuación 9}).$$

Por otra parte, es necesario acotar que los operarios no reciben ningún tipo de adiestramiento para la realización de las actividades de mantenimiento de los equipos que están bajo su responsabilidad dentro de la tienda.

4.1.2 Mantenimiento con contratistas fijas

Existe actualmente una (1) contratista fija en la organización, la cual ejecuta el mantenimiento de una máquina termoencogible y realiza el trabajo bimensualmente. El procedimiento de realización de las rutinas, por parte de esta empresa, sigue el procedimiento plasmado en el anexo B.2.

Actualmente el personal de contratistas fijas se encarga del 0,44 % del total de los equipos. Este cálculo puede observar a continuación:

$$\% \text{ equipos contratistas fijas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos (contratistas eventuales)}}{\text{Total de equipos}} = \frac{1}{226} * 100 = 0,44 \%$$

(Ecuación 10).

4.1.3 Mantenimiento con contratistas eventuales

En la organización existen otras 10 contratistas que representan un costo variable para la tienda. Estas empresas se encargan de la ejecución del mantenimiento correctivo de sistemas diferentes dentro de Makro. Actualmente, para la organización es de vital importancia la relación con estas empresas. En el anexo B.2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de ejecución de las rutinas de mantenimiento ejecutadas por estas contratistas eventuales.

Actualmente el personal de contratistas eventuales se encarga del 4,42 % del total de los equipos. Este cálculo puede observar a continuación:

$$\% \text{ equipos contratistas eventuales} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos (contratistas eventuales)}}{\text{Total de equipos}} = \frac{10}{226} * 100 = 4,42 \%$$

(Ecuación 11).

4.2 Diagnóstico y evaluación de la situación actual

Antes del desarrollo del presente trabajo especial de grado, se procedió a analizar la situación actual en la que se encontraba el Departamento de Mantenimiento, el cual manejaba un inventario de equipos no actualizado de 226 unidades (168 operativas y 58 fuera de servicio). Por otra parte, varios de estos equipos no tenían registrado serial ni modelo. Al realizar el recorrido por las instalaciones de la tienda, se evidenció la ausencia y deterioro de placas de identificación, dificultándose la visualización de las propiedades de cada uno de los equipos al momento de la actualización del inventario.

Por otra parte, no existe ningún tipo de documento, aparte de las órdenes de trabajo, que muestre las actividades que han sido realizadas por los operadores de mantenimiento, así como las reparaciones de fallas presentadas en cada uno de los equipos y los repuestos y materiales consumidos en la ejecución de las mismas.

4.2.1 Aplicación de la norma de mantenimiento COVENIN 2500 – 93

Esta norma contempla un método cuantitativo, para la evaluación de sistemas de mantenimiento, en empresas manufactureras, para determinar la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al mantenimiento mediante el análisis y calificación de los siguientes factores:

- Organización de la empresa.
- Organización de la función de mantenimiento.
- Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- Competencia del personal. (Norma Venezolana COVENIN , 2001).

Es importante conocer las definiciones de dos conceptos fundamentales para la aplicación de esta norma:

Principio básico: Es aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos del mantenimiento.

Deméritos: Es aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio.¹⁵

Se procedió entonces a ponderar los doce principios básicos. A cada uno se le puede asignar su máximo valor dentro de la norma, si el mismo se pone en práctica en la organización; en caso contrario, se le asigna el valor (0) cero para indicar que no es aplicado. Posteriormente se fijan las puntuaciones a los deméritos establecidos dentro de la norma, que permitirán la disminución del valor máximo que se le asignó al principio.

La norma contiene una ficha de evaluación que describe cada una de las áreas de competencia de la empresa en relación con la forma de realizar el mantenimiento y, por consiguiente, cumplir con los objetivos del mismo en la organización. Es importante mencionar que, según la norma, si la puntuación total obtenida en la ficha de evaluación se acerca a 2500 puntos, mejor será considerada la gestión del mantenimiento de la institución evaluada.

4.2.2 Resultados de la aplicación de la NORMA COVENIN 2500-93

Observando los resultados arrojados con la aplicación de esta norma, se pueden evidenciar las diferentes fallas existentes en el sistema de mantenimiento actual. En la sección de anexos B.3 se ilustran los distintos puntajes que obtuvieron cada una de las

¹⁵ NORMA COVENIN 2500-93

categorías y principios evaluados. En la tabla N° 2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en las dos áreas con menor puntaje:

Área	Puntuación total de los principios por área	Total deméritos por área	Puntos totales	% de efectividad
Mantenimiento programado	250	233	17	6,8
Mantenimiento rutinario	250	229	21	8,4
Mantenimiento preventivo	250	226	24	9,6

Tabla N° 2: Áreas con menor puntaje en la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 1, se muestran los porcentajes de efectividad obtenidos para cada una de las áreas de estudio.



Figura N° 1: Porcentaje de efectividad de cada área de estudio con la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando este instrumento se obtuvo una efectividad global de un 21,64%, lo que evidencia la problemática existente en la gestión de mantenimiento actual.

4.2.3 Aplicación de la encuesta de las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento

Para obtener un mejor diagnóstico sobre la gestión de mantenimiento de los equipos periféricos se procedió a aplicar la encuesta de las 10 mejores prácticas, la cual toma en cuenta los siguientes puntos:

1. Organización basada en equipo.
2. Contratistas orientados a la productividad.
3. Integración con proveedores de materiales y servicios.
4. Apoyo y visión gerencial.
5. Planificación y programación proactiva.
6. Mejoramiento continuo.
7. Gestión disciplinada de procura de materiales.
8. Integración de procesos y sistemas.
9. Paradas del sistema.
10. Producción basada en la confiabilidad.

Para la realización de la encuesta se formularon tres (3) preguntas por cada práctica, dando un total de treinta preguntas. Se utilizó una escala de valoración con cinco (5) niveles para conocer en qué grado el entrevistado está de acuerdo o no con cada una de las preguntas, dicha escala se puede observar en la Tabla 3.

Respuesta	Valor numérico
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Indiferente	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Tabla N°3. Escala de valoración para la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Se decidió aplicar esta encuesta a los técnicos, supervisores, y empleados en general, para conocer su opinión acerca de la gestión de mantenimiento de los equipos periféricos según su experiencia. Esta encuesta se aplicará a un total de 8 personas, de la siguiente manera: tres (3) técnicos y un (1) jefe de mantenimiento y a cuatro (4) empleados de distintas áreas. En el anexo B.4 se puede encontrar la encuesta realizada.

4.2.4 Resultados de la aplicación de la encuesta de las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento

Los resultados obtenidos en cada una de las encuestas se pueden consultar en el Anexo B.5. A su vez en la Tabla 4 se muestran los valores promedios por cada una de las prácticas evaluadas y el resultado total de la encuesta, el cual fue de 3,11 sobre la escala de 1 a 5 puntos. Con estos valores se procedió a realizar un diagrama de malla, el cual se presenta en la Figura 2.

Práctica	Resultado promedio
Organización basada en equipo.	3,38
Contratistas orientados a la productividad.	3,21
Integración con proveedores de materiales y servicios.	3,88
Apoyo y visión gerencial.	2,29
Planificación y programación proactiva.	2,79
Mejoramiento continuo.	2,83
Gestión disciplinada de procura de materiales.	3,50
Integración de procesos y sistemas.	2,88
Paradas del sistema.	3,38
Producción basada en la confiabilidad.	2,92
Resultado total de la encuesta	3,11

Tabla N°4. Tabla resumen de los resultados promedio por cada una de las prácticas.

Fuente: Elaboración propia.

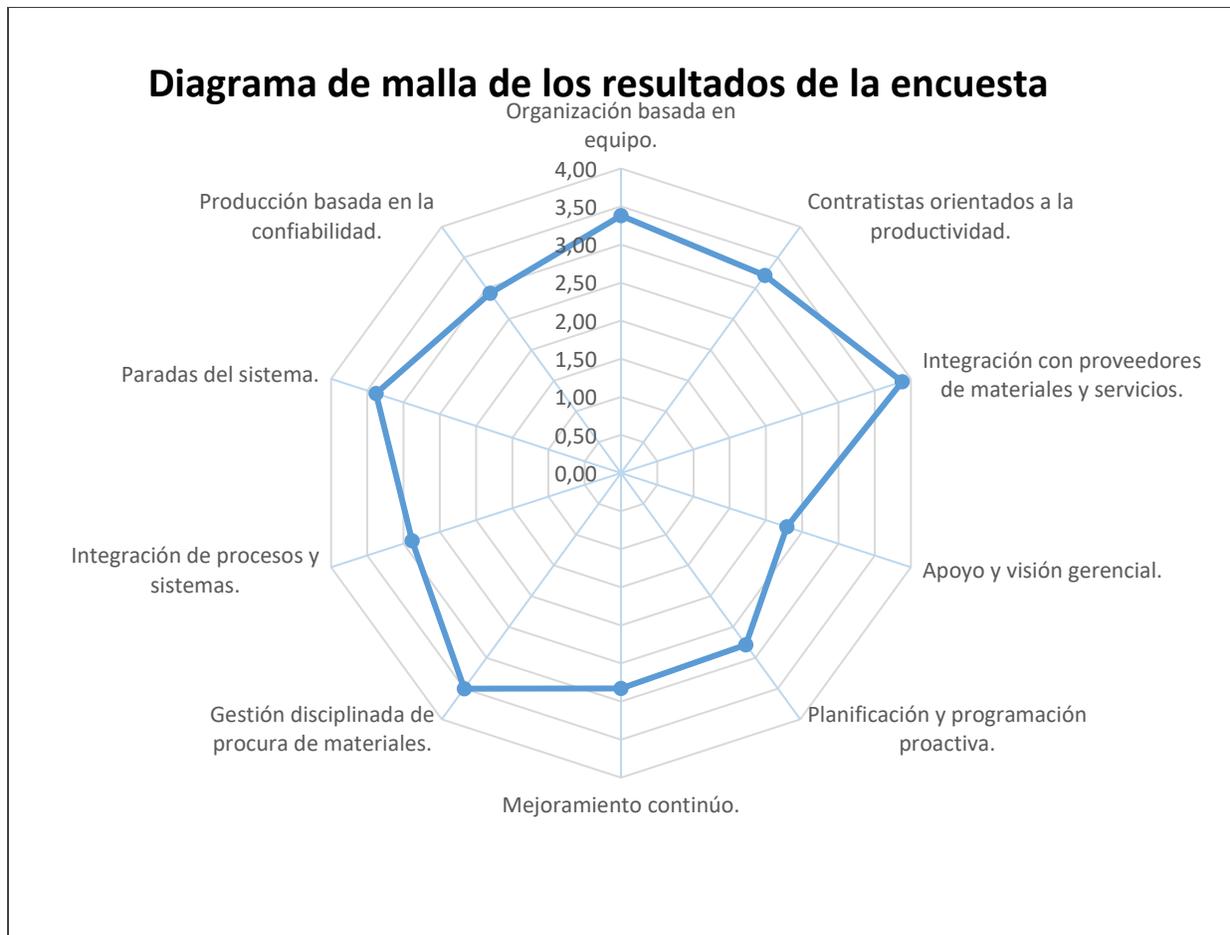


Figura N° 2. Diagrama de malla de los resultados de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Las tres prácticas que obtuvieron la menor puntuación fueron: Apoyo y visión gerencial con 2,29 puntos, planificación y programación proactiva con 2,79 puntos y mejoramiento continuo con 2,83 puntos. Las tres practicas más bajas fueron analizadas de forma individual mediante tres diagramas Ishikawa basados en la aplicación de las 5 M's para la formulación de las causas que originaron el efecto.

En consecuencia, se aplicó una matriz de decisión para establecer la ponderación de cada causa en base a su nivel de afectación en el problema, la cual fue evaluada usando 5 criterios de decisión. (Ver anexo B.6).

Para determinar la puntuación de cada criterio se usó un sistema binario de valoración, siendo cero (0) una respuesta negativa a la interrogante y uno (1) una respuesta afirmativa o un “sí” absoluto. De esta manera, se establecieron los pesos totales obtenidos, tanto de las causas principales, como de las subcausas, los cuales fueron plasmados en los diagramas Ishikawa correspondientes. Las matrices de decisión resultantes se presentan en los anexos B.7, B.8 Y B.9.

Luego de efectuados los diagramas Ishikawa, se procedió, mediante de los diagramas Pareto, a vislumbrar la cantidad de causas que generan mayor impacto en la aparición de los efectos (problemas). En las figuras N°3, 4, 5, 6, 7 y 8 podrán observarse los diagramas Ishikawa y de Pareto correspondientes.

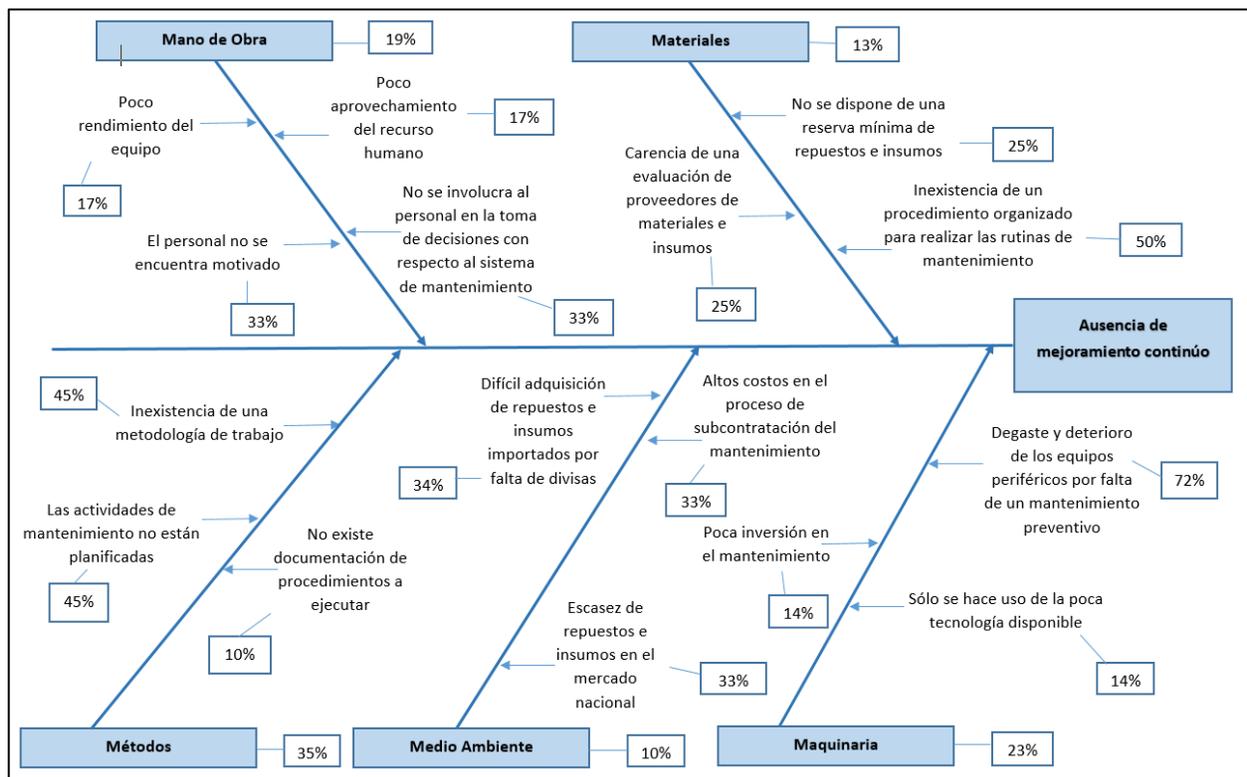


Figura N° 3. Diagrama Ishikawa de ausencia de mejoramiento continuo.

Fuente: Elaboración propia.

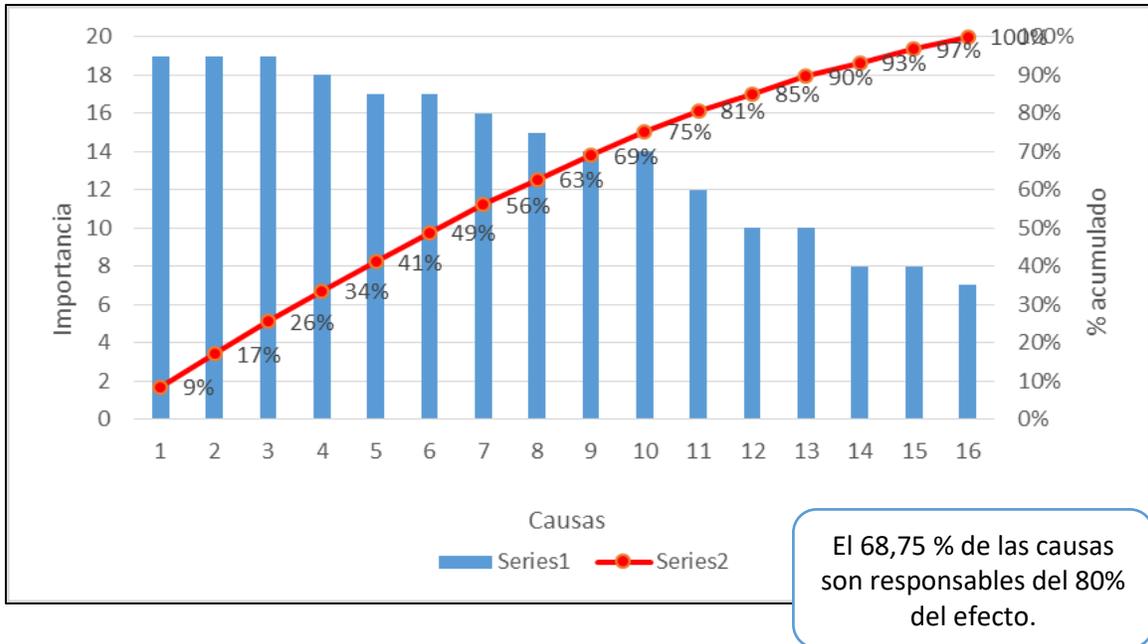


Figura N° 4. Diagrama de Pareto de ausencia de mejoramiento continuo.

Fuente: Elaboración propia.

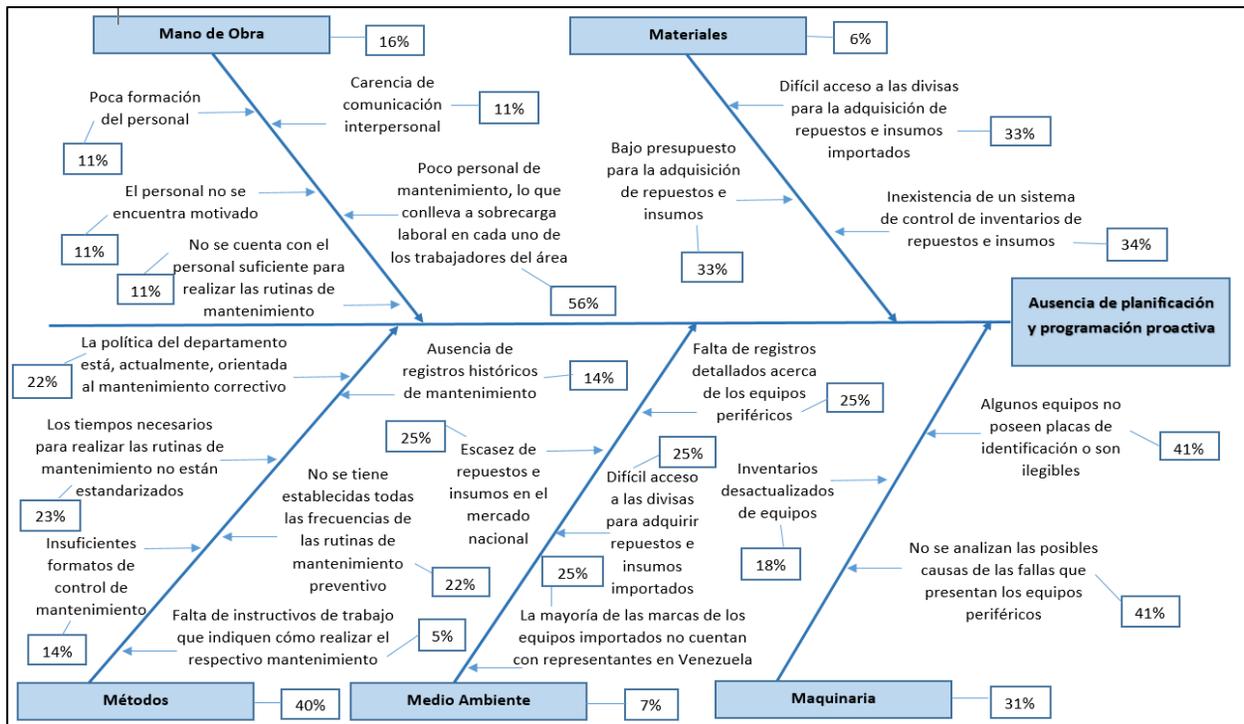


Figura N° 5. Diagrama Ishikawa de ausencia de planificación y programación proactiva.

Fuente: Elaboración propia.

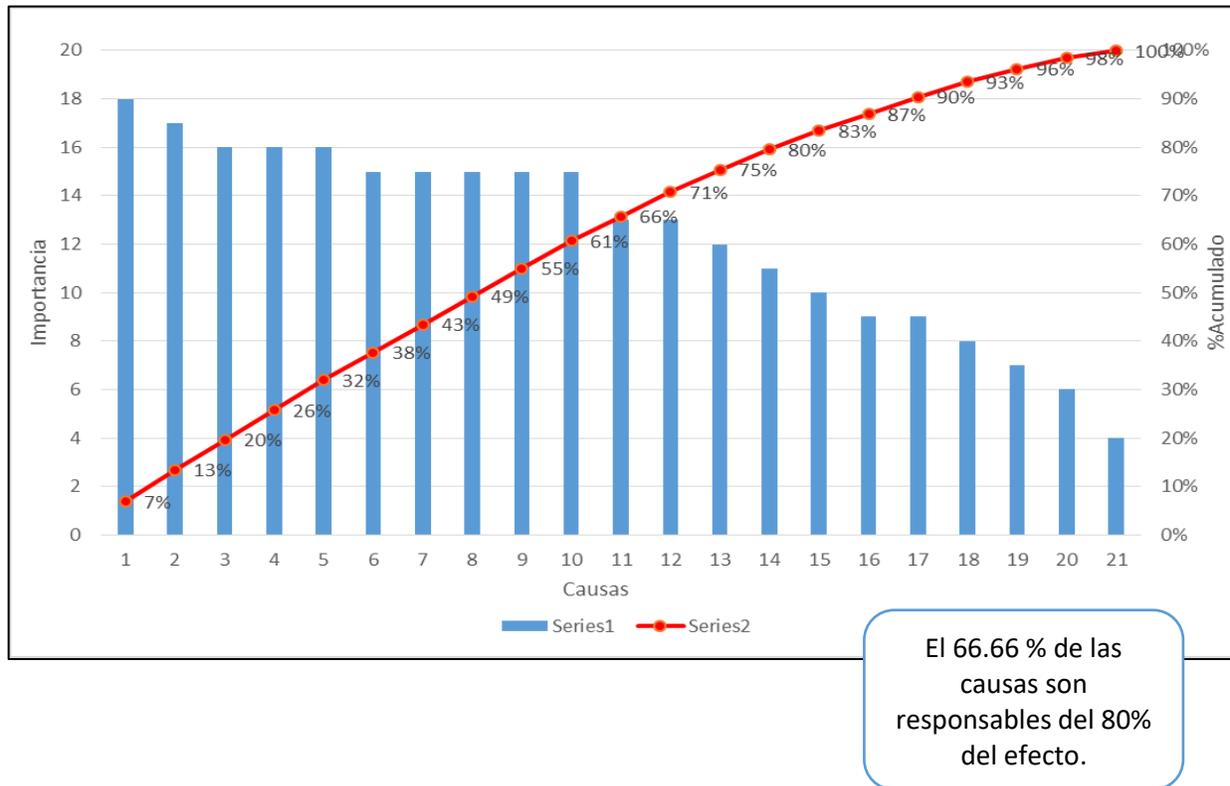


Figura N° 6. Diagrama de Pareto de ausencia de planificación y programación proactiva.

Fuente: Elaboración propia.

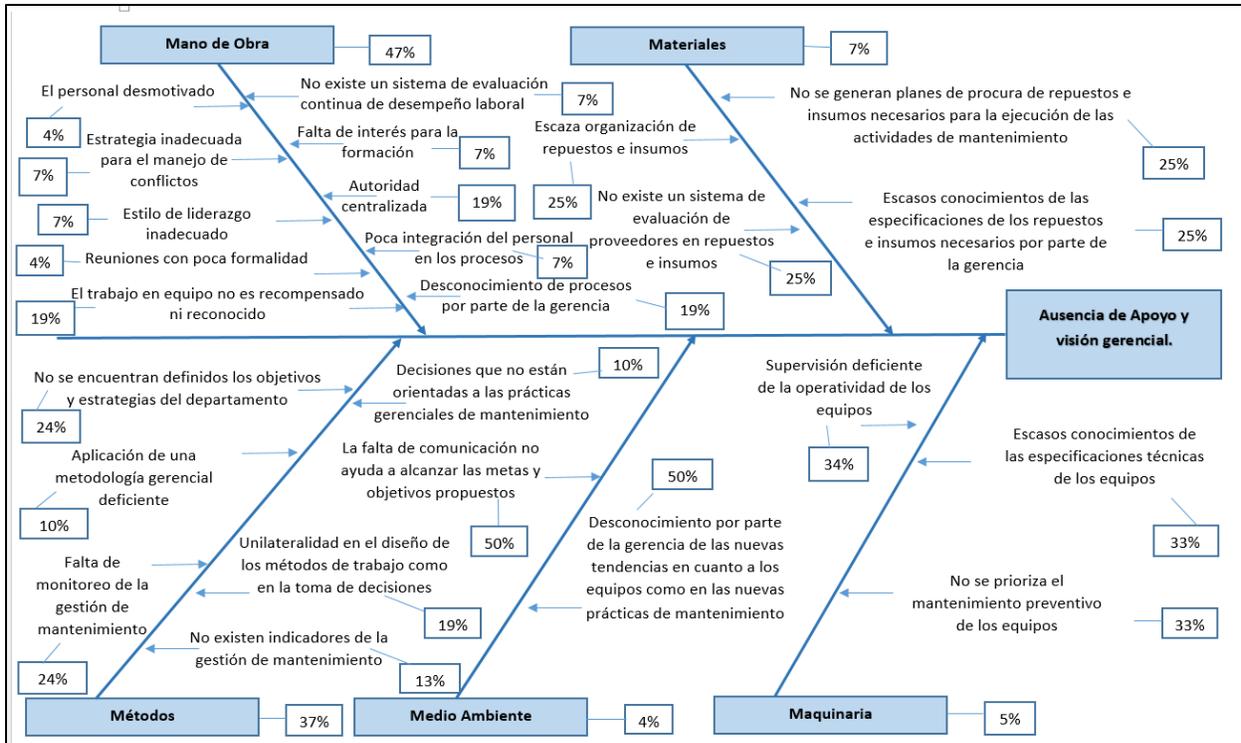


Figura N° 7. Diagrama Ishikawa de ausencia de apoyo y visión general.

Fuente: Elaboración propia.

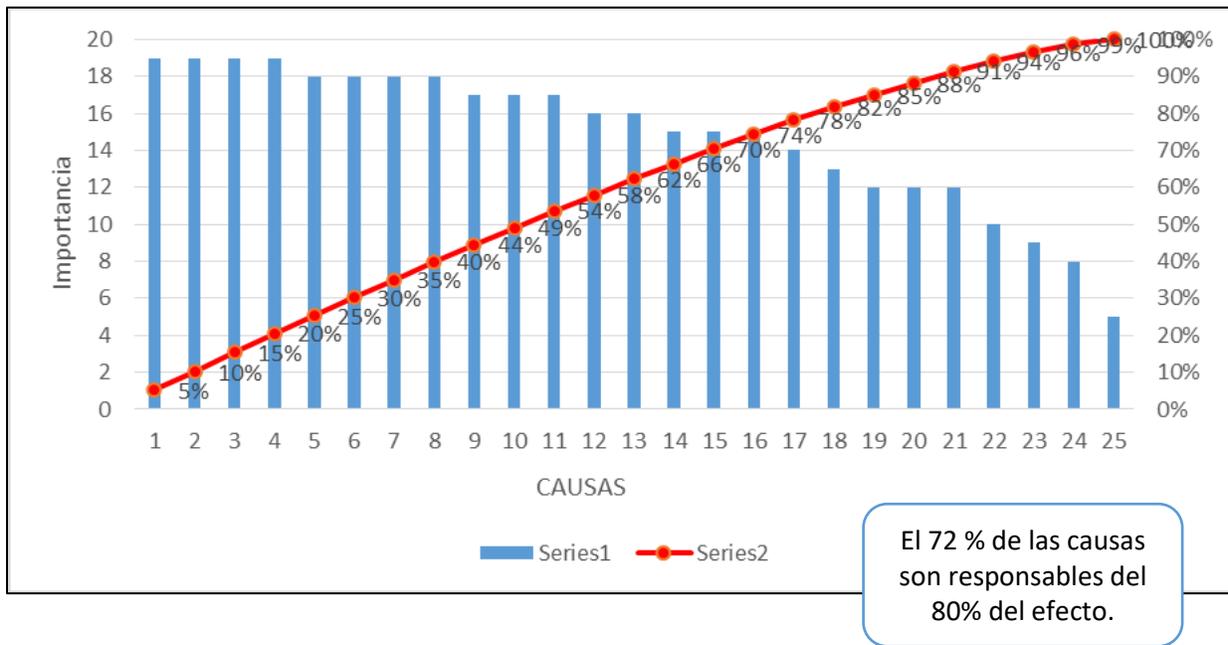


Figura N°8. Diagrama de Pareto de ausencia de apoyo y visión gerencial.

Fuente: Elaboración propia.

En base a la aplicación de las herramientas empleadas para diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento, se puede concluir que el Departamento requiere de una reingeniería de sus procesos ya que es necesario un cambio de paradigma orientado a la prevención de fallas, a la planeación, programación, control y mejora continua de las actividades de mantenimiento.

5. CAPÍTULO V

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En este capítulo se presentarán todos los procedimientos y herramientas utilizadas para el diseño del plan de mantenimiento preventivo propuesto para los equipos objeto de estudio. Se detallarán cada una de las fases para la realización del mismo, como la planificación y programación del plan de mantenimiento y cada uno de sus pasos, que contemplan el inventario técnico, clasificación de los equipos, selección del tipo de mantenimiento, codificación de los equipos, formatos de control, rutinas de mantenimiento, codificación de las rutinas, los procedimientos operativos estándar de dichas rutinas y los repuestos, diagrama Gantt, insumos y herramientas necesarios para el plan de mantenimiento preventivo propuesto.

5.1 Listado de equipos que forman parte de Makro Comercializadora, S.A.

Para la actualización del listado de equipos, se procedió a recorrer las instalaciones en búsqueda de las unidades con las que cuenta la tienda, obteniendo como resultado un total de 226 equipos, de los cuales 168 se encuentran operativos y 58 inoperativos. La lista puede encontrarse en el anexo C.1.

5.2 Matriz de decisión para establecer el orden de criticidad de los equipos

En esta etapa del proyecto se procedió a analizar la criticidad de las unidades mediante una matriz de decisión. Para la aplicación del método se tomaron 5 criterios, los cuales son:

- **Operatividad:** mide el nivel de importancia que tiene el equipo para las operaciones de la organización.
- **Costo de mantenimiento:** mide el impacto que tendría la reparación del equipo en los costos de mantenimiento, tomando en cuenta tanto los costos de repuestos e insumos, como el tiempo necesario para reparar.
- **Impacto en la operación de otros equipos:** Mide las consecuencias que tendría la falla del equipo en la operación de otros equipos de esta institución.

- **Horas-hombre adicionales por la parada del equipo:** la parada de un equipo puede traer consigo trabajo adicional de mano de obra, es decir, puede haber equipos que, al fallar, sus operaciones automatizadas se sustituyen por operaciones manuales, aumentando así las Horas-Hombre requeridas. Este criterio mide el impacto que tiene la parada en el tiempo empleado por la mano de obra para ejecutar las actividades cotidianas del mismo.
- **Nivel de escasez de los repuestos:** este criterio toma en cuenta el lapso en adquirir los repuestos que solventen las fallas correspondientes. Al calificar este criterio, es necesario considerar, tanto el nivel de existencia de los repuestos, como el tiempo de adquisición de los mismos (es importante estar informado si los repuestos son nacionales o importados).

Para determinar los pesos de los criterios, se realizó una entrevista al personal interno de mantenimiento (Ver anexo C.2). La suma de los pesos debe ser exactamente igual a 100. Los criterios deben, en primer lugar, jerarquizarse para luego ser ponderados. Cada criterio tendrá un peso mínimo de cero (0) y un máximo de cien (100). En la tabla N° 5 se presentan los resultados obtenidos:

Criterio						
Empleado	Operatividad	Costo de Mantenimiento	Impacto en la operatividad de otros equipos	Horas - Hombres adicionales por la parada del equipo	Nivel de escasez de los repuestos	Total
1	50	15	5	15	15	100
2	20	20	10	20	30	100
3	30	10	20	20	20	100
4	20	30	20	10	20	100
Promedio	30	18,75	13,75	16,25	21,25	100

Tabla N° 5. Resultados de la entrevista realizada para emitir la ponderación correspondiente de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad.

Fuente: Elaboración propia.

Para establecer la puntuación del equipo con respecto a cada criterio, se usó una gradación de 5 niveles: baja (1), leve (2), moderado (3), alta (4), muy alta (5). Para

determinar la criticidad de cada equipo, se procedió a multiplicar la puntuación obtenida en la fase anterior por el peso del criterio, para luego sumarlos. La matriz empleada se puede observar en la sección de anexos C.3.

Además, mediante el empleo de la misma gradación se obtuvo los rangos asociados a cada nivel de criticidad. En la tabla N° 6 se observan los rangos definitivos para cada nivel.

Criterio de Criticidad		
Criticidad	Mínima (%)	Máxima (%)
Baja	0	25
Moderada	25	50
Alta	50	75
Muy alta	75	100

Tabla N° 6. Rangos de criticidad establecidos para cada nivel.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Selección de los equipos

Para llevar a cabo la planificación y programación del mantenimiento preventivo, se procedió a seleccionar los equipos en base a su nivel de criticidad. Solo se seleccionaron aquellos equipos con los niveles de criticidad más altos (moderada, alta y muy alta), dando como resultado 168 unidades, es decir, el 74,34% de los equipos. Estos equipos fueron agrupados en nueve (9) categorías como se muestra en la sección de anexo C.4.

5.4 Planificación del mantenimiento preventivo propuesto

5.4.1 Zonificación de equipos

Se Inicia la fase de planificación presentando la ubicación de los equipos que dan servicios y soportes a la línea de producción, usando planos de referencia para indicar la distribución representativa de las unidades por áreas delimitadas dentro de la tienda. Los planos correspondientes se pueden observar en los anexos C.5 al C.13.

5.4.2 Inventario técnico de equipos

Se procedió a realizar las hojas de vida para cada modelo de equipo objeto de estudio, en el cual se especificaron las características generales y técnicas, el modelo, la marca, el tipo de mantenimiento, el fabricante, la función, especificaciones técnicas y una imagen del mismo. En el anexo C.14 se muestra una lista de los equipos para el inventario técnico y en los anexos C.15 al C.34 se muestra la hoja de vida de los modelos de los equipos.

5.4.3 Clasificación de los equipos

Los equipos objeto de estudio de este Trabajo Especial de Grado se clasifican en equipos periféricos, ya que dan servicios y soportes a la línea de producción.

5.4.4 Selección del tipo de mantenimiento

Para efectos del presente trabajo especial de grado, se desarrollará un plan donde el mantenimiento involucrado será de tipo Preventivo. De esta manera, se logrará iniciar un camino hacia la mejora continua en la gestión del mantenimiento.

5.4.5 Codificación de los equipos

Para realizar la codificación de los equipos periféricos se tomaron en cuenta los atributos que se muestran en la tabla N°7.

Codificación de equipos
XX - YY - ZZ - ## - C
XX: Iniciales del nombre del equipo
YY: Iniciales del área (ubicación)
ZZ: Marca del equipo
##: Número del equipo
C: Criticidad, MA (muy alta), A (alta), M (moderada)

Tabla N°7. Codificación de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo C.35, se presenta el sistema de codificación utilizado en este proyecto. Adicionalmente en los anexos C.36, C.37 y C.38 se presentan las leyendas de las iniciales de los equipos y áreas que se encuentran en la codificación respectivamente. La codificación resultante de cada equipo se encuentra en el documento de inventario en el anexo C.39.

5.4.6 Orden de trabajo

En este proyecto se diseñó un formato más específico de orden de trabajo, el cual permite suministrar la información necesaria para la ejecución de las rutinas correspondientes y sirve, además, como medio de comunicación entre la gerencia y los trabajadores. (Ver anexo C.40).

5.4.7 Informe de trabajo realizado (ITR)

Actualmente en Makro por cada trabajo que se realiza se debe de realizar un informe pero no cuentan con un formato de informe de trabajo realizado (ITR), por lo que en este proyecto se diseñó un formato más específico de orden de trabajo, el cual permite suministrar la información necesaria para la ejecución de las rutinas correspondientes y sirve, además, como medio de comunicación entre la gerencia y los trabajadores. (Ver anexo C.41).

5.5 Programación de mantenimiento preventivo

5.5.1 Programación de las rutinas de mantenimiento

Para iniciar la programación del mantenimiento de los equipos seleccionados, es necesario, en primer lugar, la recopilación de los manuales de mantenimiento, lo cual representó una limitación en el presente proyecto debido a que no todos los equipos presentaban la documentación disponible en el departamento. Para la recolección de la información necesaria se usó otra fuente: entrevistas al personal interno. Para la programación anual de las rutinas de mantenimiento fue necesario determinar su frecuencia de ejecución. (Ver anexos C.42).

5.5.2 Codificación de las rutinas de mantenimiento

En esta fase se procedió a la codificación de actividades, debido a la necesidad que surge de identificarlas y reconocerlas por medio de caracteres diferenciadores. Para llevar a cabo este objetivo, se usó como base la misma codificación del equipo detallada en apartados anteriores, agregando dos caracteres adicionales: el número de la rutina y su frecuencia. Es importante mencionar que, si dos equipos diferentes tienen la misma rutina, estas tendrán el mismo número de la actividad en su codificación, mas no del equipo. En los anexos C.42 y C.43 se muestran la codificación de las rutinas planificadas y la leyenda de las frecuencias correspondientes respectivamente.

5.5.3 Procedimiento Operativo Estándar (POE)

Una vez identificadas las actividades de mantenimiento para cada equipo, se llevaron a cabo los procedimientos a seguir para su ejecución y se describieron todos los recursos necesarios para realizarlas: Horas-Hombre requeridas, insumos, repuestos usados y herramientas necesarias. De esta manera, se persigue estandarizar las actividades de mantenimiento con el fin de obtener mejores resultados. La construcción de estos procedimientos se logró mediante dos técnicas recolección de información: entrevista al personal experto y observación directa. El formato utilizado para describir los POE se muestra en la tabla N° 8.

		Procedimiento Operativo Estándar	
Equipo:			
Código de la actividad:			
Rutina:			
Tiempo de realización de la rutina (Hr):			
Números de hombres necesarios:			
Horas hombres empleadas:			
Repuestos usados (Nombre, modelo):			
Insumos necesarios (Nombre, modelo, tipo):			
N°	Procedimientos		
1			
2			
3			

Tabla N° 8. Formato del Procedimiento Operativo Estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Los procedimientos operativos de cada una de las rutinas pueden observarse en la sección de anexos D.1 hasta D.76.

5.5.4 Herramientas e insumos necesarios para el plan de mantenimiento preventivo propuesto

En esta fase del plan de mantenimiento diseñado, se procede a recopilar información acerca de las especificaciones de los repuestos, insumos y herramientas necesarios para la ejecución de las actividades de mantenimiento programadas. Esta información sirve de base, tanto para el control de los inventarios como para el estudio de costos de esta propuesta (Ver la sección de anexos F).

5.5.5 Recursos humanos

El personal encargado de ejecutar las rutinas de mantenimiento preventivas debe contar con el siguiente perfil:

- Tener experiencia en mantenimiento de equipos mecánicos.
- Conocimientos electromecánicos.
- Conocimientos de sistemas hidráulicos y neumáticos.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Destrezas en el uso de herramientas para la ejecución de las rutinas planificadas.
- Condiciones físicas para el trabajo a realizar.
- Habilidades de observación para detectar fallas que se puedan presentar en los equipos.
- Un enfoque lógico y metódico para la solución de problemas.
- Capacidad de redacción de informes sobre las actividades efectuadas.

5.5.6 Horas-Hombre disponibles

En base a la jornada y al tamaño de la fuerza laboral actual del Departamento de Mantenimiento, se calcularon las horas hombre disponibles semanales para ejecutar las rutinas planificadas. El propósito de esta actividad es el de determinar, una vez calculadas las horas hombre requeridas para dar cumplimiento al plan, si el tamaño de la fuerza laboral es o no suficiente para llevar a cabo la propuesta. Dentro de este orden de ideas, en la tabla N° 9 se pueden observar las horas hombre disponibles en las dos alternativas horarias presentes en la organización.

Días de trabajo	Cantidad de Operadores de Guardia			Total Horas-Hombre al día
	Primer Turno	Segundo Turno	Tercer Turno	
Lunes	0	2	1	24
Martes	2	1	0	24
Miércoles	2	1	0	24
Jueves	1	2	0	24
Viernes	0	2	1	24
Sábado	0	0	0	0
Domingo	0	0	0	0
	Tiempo de mano de obra disponible (Horas-Hombres Semanales).			120

Tabla N°9. Tiempo de mano de obra disponible por los técnicos.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.7 Horas-Hombre requeridas

En el cálculo del tamaño de la fuerza laboral necesaria para ejecutar las actividades de mantenimiento propuestas, es necesario determinar las horas hombre requeridas, tomando en consideración dos variables que se encuentran especificadas en los procedimientos operativos estándares: el número de operarios necesarios y el tiempo requerido para ejecutar la rutina correspondiente. En el anexo E.1 se presenta el tiempo requerido por equipo para los trabajos planificados.

Para determinar la mano de obra necesaria para ejecutar las acciones de mantenimiento del plan propuesto, se consideró las ocho horas de jornada laboral y los cinco días de la semana.

$$MO_{Requerida} = \frac{13052,82 \text{ H-H}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{52 \text{ semanas}} * \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 6,2754 \cong 6 \text{ hombres.}$$

(Ecuación 12)

Se puede concluir que la cantidad de hombres requeridos para ejecutar las rutinas de mantenimiento es mayor que la cantidad que se dispone en el departamento. Para lograr llevar a cabo este plan de mantenimiento preventivo es necesario contratar a tres (3) técnicos para poder solventar la deficiencia de mano de obra y cumplir con las rutinas planificadas.

5.5.8 Elaboración de la carta Gantt

En la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, se utilizó la carta Gantt, ya que, además de ser una esencial herramienta de programación, también es un poderoso instrumento de control. Para poder crear éste cronograma, se listaron los equipos y los códigos de cada rutina. Una vez vinculada esta información, se creó el calendario anual, empezando en el mes de enero del 2018 y culminando en diciembre del mismo año. Dependiendo de la frecuencia con que se realizase cada operación, se indicó su ejecución en una semana determinada, sombreando la celda a la cuál correspondía. Este procedimiento se efectuó con cada una de las rutinas de cada equipo, consiguiendo así la acumulación de horas hombre requeridas semanalmente.

Usando como base de cálculo el promedio de horas-hombre requeridas por semana (251 hrs-H/sem), se procedió a distribuir equitativamente las cargas de trabajo entre las semanas durante el horizonte de planeación.

Otro criterio considerado, para la asignación de las rutinas planificadas a las semanas del calendario, fue proporcionar la holgura necesaria para la realización de reparaciones por fallas, es decir, se permitió una flexibilidad en el tiempo para la ejecución de los trabajos de mantenimiento correctivo. Esta holgura es necesaria, ya que, en caso de agotar la mano de obra disponible y de presentarse contratiempos, se descuidaría el proceso de mantenimiento preventivo por corregir alguna falla de operación. En la tabla N° 10 se presenta el formato de la carta Gantt. En el anexo G se muestra la carta Gantt resultante.

Equipo	Rutinas	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
		P	E	P	E	P	E	P	E

Tabla N°10. Formato de la carta Gantt

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Estudio Económico

5.6.1 Costos del mantenimiento preventivo propuesto

Con el objetivo de analizar la factibilidad del plan de mantenimiento, se calcularon los costos pertinentes de mano de obra, herramientas, insumos y repuestos requeridos, necesarias para la ejecución de este plan diseñado.

5.6.1.1 Costos de Herramientas

El estudio económico de las herramientas a usar, se basó en el cálculo de depreciación empleando el método temporal lineal, considerando las siguientes variables: valor inicial de la herramienta y vida útil, además la empresa considera que el valor de salvamento es igual a cero (0). Es esencial acotar que se trabajó con 52 semanas al año, 5 días a la semana y 8 horas diarias para determinación de la depreciación anual de las herramientas, la cual fue de **229.685,86 Bs.S.** (Ver anexos F.1 al F.11).

5.6.1.2 Costos de Insumos requeridos

Para el estudio económico de los insumos requeridos se analizaron, tanto los precios unitarios, como las cantidades necesarias de cada consumible para la ejecución de las rutinas preventivas propuestas. El costo total anual obtenido de los insumos respectivos es de **6.435.047,33 Bs.S.** (Ver anexos F.12 y F.21).

5.6.1.3 Costos de Repuestos requeridos

Con respecto al estudio económico de los repuestos requeridos se analizaron, tanto los precios unitarios, como las cantidades necesarias de cada repuesto para la ejecución de las rutinas preventivas planificadas. El costo total anual obtenido de los repuestos es de **1.850.508,00 Bs.S.** (Ver anexos F.22 al F.28).

5.6.1.4 Costos de Mano de Obra

Se calcularon los costos de mano de obra tomando en cuenta el salario mínimo mensual a Bs.S 1.800,00. Adicionalmente, se tomaron en cuenta los costos de vacaciones, según la nueva Ley Orgánica del trabajo, utilidades, prestaciones sociales, seguro social, INCE y BANAVIH. Los cálculos respectivos a este apartado se presentan en la tabla N° 11.

Costo Mano de Obra			
	Diaria	Mensual	Anual
Sueldo y Salario	60,00	1.800,00	7.200,00
Bono Alimentación	6,17	185,00	740,00
Total ingresos del mes	66,17	1.985,00	7.940,00
Vacaciones -2018 primer año 15 días	7,50	225,00	992,50
Utilidades- 2018	10,00	300,00	1.323,33
Prestaciones Sociales	11,67	350,00	1.488,75
SOS	2,22	66,46	598,15
INCE	1,20	36,00	205,12
BANAVIH	1,80	54,00	352,34
Total Beneficios	34,38	1.031,46	4.960,19
Total sueldo + Beneficio	100,55	3.016,46	12.900,19

Tabla N°11. Costos de mano de obra.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 12 se presenta el costo total anual del plan de mantenimiento propuesto.

Costo de mantenimiento del plan propuesto	
Costo Anual de Mano de Obra	77.401,15
Costo Anual de Repuestos	1.850.508,00
Costo Anual Insumos	6.435.047,33
Depreciación de Herramientas	229.685,86
Costo Total Anual	8.592.642,34

Tabla N°12. Costo total de mantenimiento del plan propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.2 Estudio de Factibilidad Económica

Este estudio se realizó mediante la técnica de VAN, para estimar los costos que se generarían en los próximos cinco (5) años por la aplicación del plan de mantenimiento propuesto. En base a esto, se puede realizar una comparación con los costos actuales de mantenimiento y así comprobar la factibilidad económica de la aplicación del plan desarrollado en esta investigación. A continuación, se muestra la Tabla N°13, en la cual se presentan los costos de mantenimiento correctivo del año 2017 proporcionados por la empresa, los cuales fueron utilizados para calcular los costos actuales del 2018 en base a la inflación estimada por el Fondo monetario internacional.

Costo de Mantenimiento Actual de la Organización			
Tipo de Mantenimiento	Costo Bs/Año	Inflación Estimada	Costo Estimado año 2018
	2017		
Correctivo	962.636,00	2616,00%	26.145.193,76
Costo Total Anual	8.592.642,34		

Tabla N°13. Costo de Mantenimiento Actual de la Organización.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.2.1 Tasa de Inflación promedio

Para estimar la Tasa inflacionaria promedio a los próximos cinco (5) años se realizó una regresión lineal, manejada de la siguiente manera:

Primeramente se establecen los datos concernientes a las tasas inflacionarias emitidas por el Banco Central de Venezuela para el período 2013-2016, Asamblea Nacional para el año 2017 y la proyección del Fondo Monetario Internacional para el año 2018, que el mismo estima una inflación de 1.000.000 % . Este método permitió hallar la tasa inflacionaria promedio, como se muestra en la tabla N° 14.

Inflaciones desde año 2013 hasta 2017					
Año	2013	2014	2015	2016	2017
Inflación	56,2	68,5	180,9	274,4	2616

Tabla N°14. Tasa inflacionaria promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se aplicó el método de mínimos para pronosticar las inflaciones en los próximos (5) años utilizando las ecuaciones planteadas. (Ver tablas N° 15, 16 y 17).

AÑO	X	Inflación (Y)	X*Y	X ²
2013	-2	56,2	-112,4	4
2014	-1	68,5	-68,5	1
2015	0	180,9	0	0
2016	1	274,4	274,4	1
2017	2	2616	5232	4
TOTAL	0	3196	5325,5	10

$$a = 639,20$$

$$b = 532,55$$

Tabla N° 15. Matriz de Cálculo de Regresión Lineal.

Fuente: Elaboración propia.

Proyección de la Inflación para los próximos 5 años					
Año	2019	2020	2021	2022	2023
Inflación %	2.769,40	3.301,95	3.834,50	4.367,05	4.899,60
Inflación Promedio	3.834,50				

Tabla N°16. Proyección de Inflación para los próximos (5) años.

Fuente: Elaboración propia.

2019	$Y_c = a + b \cdot X$	639,20	2.130,20	2.769,40
2020	$Y_c = a + b \cdot X$	639,20	2.662,75	3.301,95
2021	$Y_c = a + b \cdot X$	639,20	3.195,30	3.834,50
2022	$Y_c = a + b \cdot X$	639,20	3.727,85	4.367,05
2023	$Y_c = a + b \cdot X$	639,20	4.260,40	4.899,60

Tabla N° 17. Cálculos para la proyección de la inflación.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se aplicó el método de mínimos para pronosticar las inflaciones en los próximos (5) es un escenario hiperinflacionario. (Ver tablas N° 18, 19 y 20).

AÑO	X	Inflación (Y)	X*Y	X ²
2014	-2	68,5	-137	4
2015	-1	180,9	-180,9	1
2016	0	274,4	0	0
2017	1	2616	2616	1
2018	2	1000000	2000000	4
TOTAL	0	1003139,8	2002298,1	10

a=200.627,96
b=200229,81

Tabla N° 18. Matriz de Cálculo de Regresión Lineal (Hiperinflacionaria).

Fuente: Elaboración propia.

Proyección de la Inflación para los próximos 5 años					
Año	2019	2020	2021	2022	2023
Inflación %	1.001.547,20	1.201.777,01	1.402.006,82	1.602.236,63	1.802.466,44
Inflación Promedio	1.402.006,82				

Tabla N°19. Proyección de Hiperinflación.

Fuente: Elaboración propia.

2019	$Y_c = a+b*X$	200.627,96	800.919,24	1.001.547,20
2020	$Y_c = a+b*X$	200.627,96	1.001.149,05	1.201.777,01
2021	$Y_c = a+b*X$	200.627,96	1.201.378,86	1.402.006,82
2022	$Y_c = a+b*X$	200.627,96	1.401.608,67	1.602.236,63
2023	$Y_c = a+b*X$	200.627,96	1.601.838,48	1.802.466,44

Tabla N° 20. Cálculos para la proyección de la hiperinflación.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.2.2 Estimación de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Se calculó la TMAR ya que es el valor mínimo necesario para que el plan propuesto sea financieramente aceptable, para ello se aplicó la ecuación N° 7, aplicada de la siguiente manera:

$$TMAR = 38,345 + 0,14 + (38,345 * 0,14) = 43,8533$$

La Tasa de Riesgo (F) fue proporcionada por el Director de Finanzas de Makro, además indicó que se usara 5 puntos más de la tasa que le cobra el banco por los créditos a la tienda, cada préstamo que reciben es a una tasa de 9 %. Obteniendo el valor de 0,14 %.

5.6.2.3 Flujo actual neto y proyectado

Se procedió a calcular el flujo actual neto (Ver tabla N° 21) para conocer los ingresos y egresos durante el período de tiempo de estudio, es decir, un (1) año. Luego de haber calculado el flujo actual neto, se proyectó éste valor a los cinco (5) años que corresponde al período 2019 -2023 (Ver tabla N° 22), usando la ecuación N°8 se determinó:

FLUJO ACTUAL NETO		
BENEFICIO POR AHORRO	+	17.552.551,42
COSTO DEL PLAN PROPUESTO	-	8.592.642,34
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTO	=	8.959.909,08
ISLR (34%)	-	3.046.369,09
FLUJO ACTUAL NETO	=	5.913.539,99

Tabla N° 21. Flujo actual neto.

Fuente: Elaboración propia.

Flujo Actual Neto Proyectado				Año
5.913.539,99	2769%	163.769.576,56	169.683.116,55	2019
169.683.116,55	3301%	5.601.239.677,43	5.770.922.793,98	2020
5.770.922.793,98	3835%	221.286.034.535,21	227.056.957.329,19	2021
227.056.957.329,19	4367%	9.915.690.855.044,48	10.142.747.812.373,70	2022
10.142.747.812.373,70	4899%	496.893.215.328.186,00	507.035.963.140.560,00	2023

Tabla N°22. Flujo actual neto proyectado.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.2.4 Valor actual neto

Finalmente se calculó el Valor actual neto para determinar si el plan de mantenimiento propuesto es factible para la Organización, tomando en cuenta que la inversión inicial son los repuestos.

Usando la ecuación 2, se determina el VAN de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 VAN = & -1.850.508,00 + \frac{169.683.116,55}{(1+43,85)^1} + \frac{5.770.922.793,98}{(1+43,85)^2} + \frac{227.056.957.329,19}{(1+43,85)^3} + \\
 & \frac{10.142.747.812.373,70}{(1+43,85)^4} + \frac{507.035.963.140.560,00}{(1+43,85)^5} = 12.619.285,56 \text{ Bs.S.}
 \end{aligned}$$

En base a los criterios de aceptación plasmados en el marco teórico, el plan de mantenimiento preventivo propuesto en el presente trabajo es factible ya que genera unas ganancias por ahorro que ascienden a **12.619.285,56 Bs.S.**

6. CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Mediante la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93 se pudo evidenciar que las tres áreas más críticas fueron: Mantenimiento programado, mantenimiento rutinario y mantenimiento preventivo. Con un 6,80 %, 8,40 % y 9,60 % respectivamente. Obteniéndose una puntuación total 541 puntos, lo que representa un 21,64 % de efectividad en la gestión de mantenimiento de los equipos periféricos de Makro comercializadora S.A., sede la Yaguara. Lo que demuestra que existen oportunidades de mejora en esta gestión y que se deben tomar acciones para mejorar los procesos de mantenimiento.
- Utilizado el método de la encuesta de las diez (10) mejores prácticas de la gestión de mantenimiento, se evidenció que las tres prácticas con la menor puntuación fueron: Apoyo y visión gerencial con 2,29 puntos, planificación y programación proactiva con 2,79 puntos y mejoramiento continuo con una puntuación de 2,83. Obteniéndose una puntuación total de 3,11. Esto pone en evidencia que la gerencia debe tomar acciones para mejorar la gestión de mantenimiento de dichos equipos.
- Tomando en cuenta la Norma COVENIN 2500-93 y los resultados obtenidos de la encuesta a las diez (10) mejores prácticas de la gestión de mantenimiento, se observó que uno de los problemas que tiene dicha gestión está relacionado con la planificación y programación del mantenimiento por lo que es necesario realizar una mejora en los procesos de mantenimiento, enfocados en la prevención de fallas, planeación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- Se caracterizaron los 168 equipos periféricos para la operatividad de la tienda, ilustrando su ubicación física dentro de las instalaciones y recopilando las especificaciones técnicas de cada uno de ellos, diseñando así un inventario técnico estructurado, donde se desglosan los puntos más importantes, incluyendo en ellos una codificación de equipos que permitió describir cada una de las especificaciones anteriormente mencionadas.

- Luego del análisis de criticidad se determinó que siete (7) equipos tienen una muy alta criticidad, 85 equipos tienen una criticidad alta, 76 equipos tienen una criticidad moderada.
- Se codificaron y estandarizaron 739 rutinas de mantenimiento distribuidas entre 168 equipos, los cuales dan servicios y soportes a la línea de producción.
- Se estandarizaron los recursos (Mano de obra, materiales, herramientas e insumos) para las 739 rutinas de mantenimiento planificadas.
- Se determinó que la empresa cuenta con 120 Horas-hombre semanales disponibles, mientras que se requieren de 251 Horas-hombre por semana para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo propuesto, aunado a esto, el tamaño de la fuerza laboral requerida para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo propuesto es de seis (6) hombres, la empresa solo cuenta con tres (3) técnicos, lo cual no es factible para un mantenimiento preventivo óptimo. El costo de la mano de obra para el plan de mantenimiento propuesto es de 77.401,15 Bs.S. anual.
- Se analizó y estimó los costos de implementar el plan propuesto en un período de un año, para lo cual se tomó en cuenta los costos de insumos, repuestos, depreciación de las herramienta y mano de obra requerida, obteniendo como resultado un costo anual de 8.592.642,34 BsS.
- Se realizó el estudio de factibilidad económica del plan de mantenimiento preventivo propuesto, comparando el costo actual de mantenimiento correctivo con el resultado del plan propuesto, aplicando el método de Valor Actual Neto, obteniendo como resultado un plan menos costoso que el actual y factible económicamente estudiándolo en un período de 5 años a partir del presente, con un VAN de 12.619.285,56 BsS.

6.2 Recomendaciones

- Implementar el plan de mantenimiento preventivo diseñado.
- Establecer planes de formación al personal para mejorar sus métodos de trabajo.

- Involucrar al personal en la gestión de mantenimiento, pautando reuniones rutinarias para evaluar el trabajo a realizar y tomar en cuenta sus opiniones y sugerencias de mejora.
- Hacer uso estricto de los formularios diseñados en este trabajo, tanto para mantener trazabilidad de las actividades realizadas, como para obtener una fuente de retroalimentación del programa de mantenimiento diseñado.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que no fueron incluidos en este trabajo especial de grado.
- Emplear un sistema de gestión informático de mantenimiento y de control de inventarios de repuestos e insumos.
- Mantener permanentemente actualizadas las rutinas y los POE presentados en este plan de mantenimiento preventivo, para la mejora continua del sistema de gestión.
- Recopilar, con los fabricantes del equipo, los manuales de mantenimiento de cada unidad.
- Solicitar una nueva identificación de las placas de los equipos y completar así la información faltante en el inventario presentado en este trabajo especial de grado.
- Minimizar la contratación de la tercerización, ya que la misma representa un 65 % mayor que el costo del plan propuesto.
- El departamento debe incrementar el número de técnicos para asumir el control del mantenimiento preventivo.
- Capacitar al personal operativo sobre las buenas prácticas para el manejo de los equipos existentes en cada Departamento, con demostraciones reales e interactivas.
- Mantener el área de trabajo en óptimas condiciones, para la seguridad y salud de los trabajadores, se debe tomar en cuenta las medidas de prevención que se adoptan para evitar riesgos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aiteco Consultores. (2015). *Artículos*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de Diagrama Causa Efecto de Ishikawa: <https://www.aiteco.com/diagrama-causa-efecto-de-ishikawa/>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación* (Sexta ed.). Caracas: Editorial Episteme.
- Ballestrini, M. (2010). *La Investigación Cuantitativa*. Caracas: Planeta.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2002). *Ingeniería Económica*. México D.F: Mc Graw Hill Sexta edición.
- Bustamante Z, Laura J y Ramos Gil, Joanna del V. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa que presta servicios en el área de telecomunicaciones. Tomo I- Trabajo especial de grado (Abril 2009).
- Campbell, J., Raouf, A., & Duffua, S. (2010). *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control 3ra. Edición*. México: Limusa.
- Castellanos, Efraín (2012). Guía técnica para el diseño de cuartos fríos. Fuente: <https://efrainpuerto.files.wordpress.com/2012/02/puerto-efrain-guia-tecnica-para-el-diseno-de-cuartos-frios.pdf>.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2009). *Administración de Operaciones*. MCGRAW-HILL.
- Definición de refrigerador. Fuente: <https://conocimientosweb.org/definicion-de-refrigerador/> (2011).
- Díaz, L. F. (2005). *Google Books*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de Análisis y Planeamiento: <https://books.google.co.ve/books?id=6p0R6MOBQc4C&pg=PA149&dq=diagrama+de+gantt&hl=es-419&sa=X&sqj=2&ved=0ahUKEwih-7J2rTPAhVLpR4KHxtTBOUQ6AEIGjAA#v=onepage&q=diagrama%20de%20gantt&f=false>

García, S. (2009). *Ingeniería del Mantenimiento*. Madrid: Renovetec.

García, S. (2009). RENOVETEC. Recuperado el 28 de marzo de 2018, de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>

Gonzalez, N., (1975), *Métodos Cuantitativos en Planificación Educativa*, Caracas-Venezuela.

Hernández, F., Fernández, J., & Batista, C. (2012). *Metodología de la Investigación*. México: MacGraw-Hill Interamericana.

Hurtado, I. (2011). *Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambio*. . Caracas: CEC, S.A.

Kenya, P., & Pérez, A. (2016). Diseño de Propuesta Para la Gestión de Mantenimiento de los Equipos para la Elaboración de Agregado Liviano de una Empresa Ubicada en Charallave, Estado Miranda. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.

Leland, B & Anthony, T. *Ingeniería Económica*. Editorial McGraw Hill (2002), pg. 224-245.

Lozano, Diana. Ruiz, Lorena. RACK: sistemas de refrigeración ideales en autoservicios. Fuente: RACK: sistemas de refrigeración ideales en autoservicios. (2018).

Makro. (2018). Makro su mejor aliado. Venezuela: <http://www.makro.com.ve/>.

Máquinas Industriales. Fuente: <http://www.revolucionesindustriales.com/maquinasindustriales/montacargas>.

Mecalux. Fuente: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/carretillas/carretilla-trilateral/> (2018).

Moreno, K. (2012). Diseño de una Gestión para la Planificación del Mantenimiento de los Equipos de Estacionamiento de una Universidad Privada en la Ciudad de

Caracas. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.

Norma Venezolana COVENIN . (2001). *COVENIN 2500-93: Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria*. Caracas: Fondorma.

Norma Venezolana COVENIN. (2001). *COVENIN 3049-93: Mantenimiento. Definiciones*. COVENIN. Caracas: Fondonorma.

Parella Stracuzzi, Santa. Metodología de la investigación cualitativa. Editorial FedupeL. Caracas, Venezuela (2006). Segunda edición. Página .87

Ribis, S. (2015). Gestión de planes de mantenimiento.

Sierra, Emilio. Locales de carga de baterías de acumuladores eléctricos de plomo-ácido sulfúrico. Fuente:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_617.pdf .

Spiller, E & Gosman, L. Contabilidad financiera. México D.F: McGraw-Hill. (1988), pg.307–314.

Tamborero, José. Carretillas manuales: transpaletas manuales. Fuente:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_319.pdf

Tymbia. Nosolotranspaletas. Fuente:
<https://nosolotranspaletas.wordpress.com/2017/03/30/que-es-un-apilador/>.