



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica industrial

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA

Edgar Enrique Rodríguez Molina

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR ENRIQUE RODRÍGUEZ MOLINA

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 12 de mayo 2017.



Edgar Enrique Rodríguez Molina



Guatemala, 26 de marzo de 2019.
REF.EPS.DOC.292.03.19.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

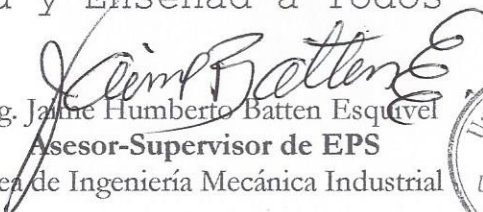
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería, **Edgar Enrique Rodríguez Molina, Registro Académico No. 200611354** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 26 de marzo de 2019.
REF.EPS.D.117.03.19

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edgar Enrique Rodríguez Molina** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH /ra



REF.REV.EMI.029.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Enrique Rodríguez Molina**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

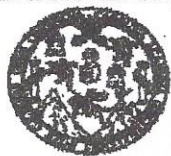
“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2019.

/mgp



REF.DIR.EMI.085.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Enrique Rodríguez Molina**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

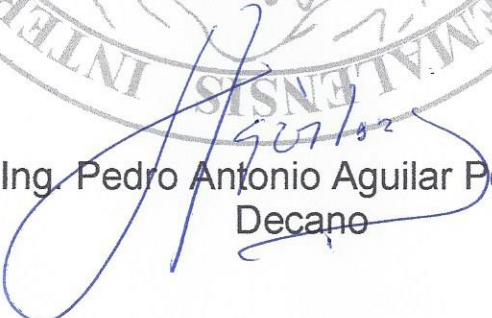


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.272-2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial del trabajo de graduación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD PARA LA EMPRESA RODMOSA"** presentado por el estudiante: **Edgar Enrique Rodríguez Molina**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2019

/echm



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque de Él depende todo y me ha puesto todas las oportunidades en mi vida, por las cuales soy quien soy.
- Mis padres** Nicolás Rodríguez y Roxanda Molina, por ser ejemplo, exigencia y amor. Gracias por su esfuerzo y dedicación.
- Mi esposa** Alcira Garrido, por acompañarme en esta bella aventura que se llama vida y por inspirarme a esforzarme cada día más para conseguir lo que queremos.
- Mis hijos** Christopher, Berenice y Enrique Rodríguez Garrido, por ser mi inspiración y mi alegría, espero llegar a ser un buen ejemplo en su vida.
- Mis hermanos y familia** Carlos, Luis, Jorge y Maricelda Rodríguez, por ser parte de mi vida y compartir tantos bellos momentos juntos, espero que esos momentos no se acaben.
- Familia Garrido** Por aceptarme como miembro de su familia, apoyarme y darme sus consejos.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi casa de estudios	Universidad de San Carlos de Guatemala, por cobijarme entre sus aulas y regalarme tantos bellos recuerdos.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento para poder desenvolverme en la vida profesional.
Instituto V. Hall Central	Por ser el escalón entre mi niñez y mi madurez, por forjar mi carácter y mostrarme el camino.
Colegio Santa Catalina de Siena	Por brindarme las bases educativas que aún conservo y que he mejorado a lo largo de los años.
Mis amigos y compañeros de estudio	Por ser una importante influencia en mi vida y mi carrera, cada uno de ellos me brindó su apoyo de distintas maneras y con los cuales pasé momentos que difícilmente se olvidan.
Mis catedráticos	Por compartirme sus conocimientos y guiarme en mis aprendizajes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. GENERALIDADES DE RODMOSA.....	1
1.1. Datos generales.....	1
1.1.1. Ubicación	2
1.1.2. Antecedentes.....	3
1.1.3. Visión	5
1.1.4. Misión.....	5
1.1.5. Valores.....	5
1.1.6. Recursos.....	6
1.1.6.1. Naturales	6
1.1.6.2. Físicos	6
1.1.6.3. Humanos	7
1.1.6.3.1. Organigrama.....	9
1.2. Actividades actuales	9
1.2.1. Productos y servicios.....	10
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA RODMOSA.....	13

2.1.	Situación actual del mantenimiento	13
2.1.1.	Análisis de la problemática.....	14
2.1.1.1.	Diagrama de causa y efecto	14
2.1.1.2.	Acciones a realizar	15
2.1.2.	Listado de equipos.....	17
2.1.3.	Diagnóstico de los equipos.....	18
2.1.4.	Departamento de mantenimiento	19
2.1.4.1.	Organización	19
2.1.4.2.	Recurso humano	20
2.1.4.3.	Planes de mantenimiento.....	21
2.1.4.4.	Equipos para el mantenimiento.....	21
2.1.4.5.	Administración de los trabajos	23
2.1.4.6.	Costos de mantenimiento	23
2.1.4.7.	Bodega de repuestos	24
2.2.	Diseño del plan de mantenimiento preventivo	25
2.2.1.	Objetivos.....	25
2.2.2.	Metas	26
2.2.3.	Políticas	26
2.2.4.	Recurso humano	27
2.2.5.	Inventario de maquinaria y equipo	29
2.2.6.	Codificación de los equipos.....	31
2.2.7.	Planificación de las actividades preventivas	34
2.2.7.1.	Fichas técnicas.....	36
2.2.7.2.	Cartas de lubricación.....	38
2.2.7.3.	Fichas de control de fallos	38
2.2.7.4.	Órdenes de trabajo.....	40
2.2.7.5.	Hojas <i>checklist</i>	42
2.2.7.6.	Frecuencia de las actividades.....	44
2.2.7.7.	Cronograma de mantenimiento.....	44

2.2.8.	Registro de gastos mensuales	46
2.2.9.	Existencia de repuestos.....	47
2.2.10.	Indicadores	48
2.2.11.	Costos de mantenimiento.....	51
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: MEJORA DE PRODUCTIVIDAD	53
3.1.	Situación actual de la empresa.....	54
3.1.1.	Diagrama de distribución en planta	54
3.1.2.	Estudio de tiempos	56
3.1.3.	Diagrama de operaciones del proceso.....	57
3.1.4.	Diagrama de flujo del proceso.....	59
3.1.5.	Diagrama de recorrido	61
3.1.6.	Productividad y eficiencia	62
3.1.7.	Análisis de ergonomía	64
3.2.	Propuesta mejorada.....	66
3.2.1.	Mejoras físicas a la planta	67
3.2.2.	Diagrama de distribución en planta	69
3.2.3.	Estudio de tiempos	69
3.2.4.	Diagrama de operaciones del proceso.....	70
3.2.5.	Diagrama de flujo del proceso.....	71
3.2.6.	Diagrama de recorrido	72
3.2.7.	Productividad y eficiencia	73
3.2.8.	Análisis de ergonomía	75
3.2.9.	Costos.....	79
4.	FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DE PERSONAL	81
4.1.	Diagnóstico del conocimiento del personal	82
4.2.	Plan de capacitación.....	85
4.3.	Programación de la capacitación.....	87

4.3.1.	Filosofía del mantenimiento preventivo.....	89
4.3.2.	Codificación de los equipos.....	90
4.3.3.	Análisis y lectura de fichas técnicas.....	91
4.3.4.	Análisis y lectura de cartas de lubricación	92
4.3.5.	Uso correcto de órdenes de trabajo	93
4.3.6.	Redactar fichas de controles varios	95
4.3.7.	Cronograma de mantenimiento.....	96
4.3.8.	Existencia de repuestos	98
4.3.9.	Expectativas a alcanzar.....	101
4.4.	Metodología	102
4.5.	Evaluación	104
4.6.	Resultados	105
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES		109
BIBLIOGRAFÍA.....		111
APÉNDICES.....		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ruta de acceso a RODMOSA	2
2.	Logo de la empresa	4
3.	Productos personalizados	5
4.	Planta de procesamiento de piedras	7
5.	Personal técnico de instalación	8
6.	Organigrama	9
7.	Productos y servicios de RODMOSA	11
8.	Diagrama causa y efecto	15
9.	Distribución actual del personal de mantenimiento	20
10.	Organigrama del área de mantenimiento	29
11.	Distribución de la planta	30
12.	Distribución física de la planta	55
13.	Diagrama de operaciones del proceso	58
14.	Diagrama de flujo de proceso de Morlon aserrado	60
15.	Diagrama de recorrido inicial	61
16.	Instalación de máquina de corte, marca Universal	68
17.	Nuevo diagrama de operaciones del proceso	70
18.	Nuevo diagrama de flujo del proceso	71
19.	Nuevo diagrama de recorrido del proceso	72
20.	Trabajo de pie	77
21.	Peso recomendado de carga conforme al área de manipulación	78
22.	Hoja informativa, capacitación 1	89
23.	Hoja informativa, capacitación 2	90

24.	Hoja informativa, capacitación 6.....	96
25.	Diapositivas de capacitación 7, parte 1	97
26.	Diapositivas de capacitación 7, parte 2.....	98
27.	Capacitación, cronograma de mantenimiento.....	103

TABLAS

I.	Listado de equipos.....	17
II.	Reporte de costos	24
III.	Descripción de áreas en la empresa.....	30
IV.	Criterio de codificación de maquinaria y equipo.....	31
V.	Codificación de maquinaria y equipo de producción.....	32
VI.	Codificación de equipos para mantenimiento	33
VII.	Codificación de equipos de transporte	33
VIII.	Codificación de equipos de carga	34
IX.	Hoja de planificación.....	35
X.	Formato de ficha técnica	37
XI.	Formato de carta de lubricación	38
XII.	Formato de fichas de control de fallos	39
XIII.	Formato de orden de trabajo	41
XIV.	Formato <i>checklist</i> para servicio mayor	42
XV.	Formato <i>checklist</i> para estado general	43
XVI.	Cronograma de mantenimiento preventivo para equipo de producción.....	45
XVII.	Ejemplo de registro de gastos	46
XVIII.	Existencia de repuestos y materiales en bodega.....	47
XIX.	Sugerencia para bodega	48
XX.	Control de paros no programados en la línea de Morlon aserrado, RODMOSA, mes de septiembre	49

XXI.	Control de paros no programados en la línea de Morlon aserrado, RODMOSA, mes de octubre	50
XXII.	Nuevo reporte de costos.....	51
XXIII.	Descripción de áreas físicas de la empresa.....	55
XXIV.	Estudio de tiempos	56
XXV.	Productividad y eficiencia inicial	62
XXVI.	Datos tomados en campo.....	63
XXVII.	Cálculos de índices conforme tabla XVI.....	64
XXVIII.	Nuevo estudio de tiempos	69
XXIX.	Productividad y eficiencia	73
XXX.	Nuevos datos tomados en campo	74
XXXI.	Nuevos cálculos conforme a los índices de la tabla XVI.....	74
XXXII.	Encuesta para diagnóstico del conocimiento del personal	83
XXXIII.	Respuestas de encuesta	84
XXXIV.	Costos de capacitación.....	87
XXXV.	Hoja de programación de capacitación	88
XXXVI.	Formato control de bodega de mantenimiento.....	100
XXXVII.	Evaluación de capacitación	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
hp	Caballos de fuerza
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
#	Numeral
%	Porcentaje
Q	Quetzal, unidad monetaria de Guatemala
Ton	Tonelada

GLOSARIO

Alineación	Posición en la cual las líneas centro de dos ejes deben ser lo más colineales posible, en el momento de operación de una máquina.
Baldosa	Pieza de mármol, cerámica o piedra, generalmente fina y pulimentada de forma cuadrada o rectangular, que se usa en suelos y muros, entre otros usos.
Cantera	Lugar donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción.
Diagnóstico	Proceso por medio del cual se informa sobre el estado de una máquina.
Frecuencia	Es el recíproco del período y significa número de oscilaciones completas por unidad.
Laja	Piedra grande no tallada ni esculpida, lisa, plana y no muy gruesa.
Losa	Piedra grande y plana utilizada para pavimentar suelos, alicatar paredes o en fachadas varias.
Loseta	Losa pequeña, se utiliza en la pavimentación de suelos.

Motor eléctrico	Máquina con capacidad de transformar energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.
Planta	Instalación industrial, donde se llevan a cabo actividades productivas.
Prefabricado	Producto que se fabrica en serie para colocarlo o acoplarlo en el lugar correspondiente de una construcción.
Rodamiento	Elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.
Velocidad	Razón de cambio del desplazamiento respecto al tiempo.
Vibración	Movimiento oscilatorio que puede presentarse en una máquina.
Voltaje	Magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito cerrado.

RESUMEN

La empresa RODMOSA cuenta con una planta de procesamiento de piedra y prefabricados de concreto, en la cual se encuentra diversa maquinaria y equipo, tanto para producción como para transporte y mantenimientos. En la planta no se ha creado un plan de mantenimiento preventivo que genera distintos problemas como paros en la producción, defectos en el producto en proceso, pérdida del equipo y altos costos de reparación, entre otros.

La realización de un plan de mantenimiento conlleva varios pasos, empezando por un análisis de la situación actual de la maquinaria y el equipo, condiciones de operación, estadísticas o reportes de fallos, entre otros; se tiene que realizar un inventario y posteriormente la codificación del equipo con que se cuenta para desarrollar un control más ordenado.

También, se hace necesaria la elaboración de una ficha técnica o de un instructivo de mantenimiento, en el cual se describan las distintas acciones de mantenimiento a efectuar, descripción de piezas, tipos de lubricantes y medidas generales de la máquina, entre otros aspectos de importancia. Aunque es común que este tipo de manuales lo proporcione el fabricante de la máquina, de no existir, debe elaborarse uno basado en las condiciones actuales de la máquina, estadísticas operativas y de mantenimiento; incluso pueden agregarse notas operativas con las descripciones, comentarios o sugerencias del personal que opera la misma.

Se realiza una ficha de control para cada una de las máquinas y los equipos de la empresa, en estas fichas de control se archiva todo tipo de

mantenimiento y observaciones que se relacionen con la capacidad operativa de la misma y que se considere que puede influir en el propio mantenimiento. Así mismo, se diseñan las fichas u órdenes de trabajo que se deben utilizar en la implementación.

Complementariamente se lleva a cabo el análisis de la productividad de la planta, mediante el uso de herramientas como diagrama de flujo, diagrama de operaciones, diagramas de recorrido, estudios de tiempos, balance de líneas, medición de productividad y medición de eficiencia. El objetivo es sentar las bases de un plan que permita aumentar la productividad, basado en la reducción de recursos, que promueva su uso eficiente en cada operación.

OBJETIVOS

General

Implementar un plan de mantenimiento preventivo, con el cual se reduzcan los paros de producción no programados, se alargue la vida útil de la máquina y se reduzcan los costos de mantenimiento a largo plazo.

Específicos

1. Identificar equipos que requieren mantenimiento y que sea justificable económicamente.
2. Organizar la forma en que realizan los mantenimientos en la empresa, de tal manera que se pueda llevar registros de cada actividad.
3. Identificar las distintas actividades de mantenimiento y sus tiempos prudentes de realización.
4. Integrar los recursos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento preventivo.
5. Analizar los distintos procesos productivos de la empresa.
6. Identificar deficiencias en los procesos y las operaciones innecesarias.

7. Capacitar al personal operativo y de mantenimiento respecto a las bases para la implementación y puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo.

INTRODUCCIÓN

La exigencia de productos cada vez de mejor calidad, producciones más aceleradas y a la medida, así como la creciente competencia en todos los sectores, entre otros factores, obliga a las empresas pequeñas o medianas, a implementar controles y programas que les permitan satisfacer la demanda.

El factor de mantenimiento para una empresa se vuelve esencial, ya que para cumplir con las expectativas del mercado, tiene que tener su propia maquinaria y equipo en óptimas condiciones. Además, es necesario el control de la productividad para alcanzar la eficiencia en el uso de recursos. Un mantenimiento adecuado y el incremento de la productividad contribuyen a que las empresas sean más competitivas y que logren un crecimiento sostenible.

La empresa RODMOSA es una empresa del sector privado que se ha diversificado en el sector de construcción, que brinda variedad de productos. Entre su capital, cuenta con una planta de procesamiento de piedra y prefabricados de concreto ampliamente equipado con maquinaria de alta capacidad, que son utilizados para la producción y transporte de materias primas, así como de producto terminado.

En la actualidad, no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y esto provoca paros inesperados en la producción o fallas en la calidad del producto entre otros problemas. En respuesta a lo anterior, se considera necesario diseñar un plan de mantenimiento preventivo que abarque las máquinas con que se producen los prefabricados, con los que se procesa la piedra, el equipo para mantenimientos y la flota de transporte interno.

La empresa tampoco cuenta con estudios de productividad en su planta, por lo que se ve en la necesidad de realizar uno que permita el estudio de procesos, implementación de mejoras y reducción de costos. Dichos estudios incluyen la diagramación de procesos, así como el estudio de tiempos para las estaciones manuales.

1. GENERALIDADES DE RODMOSA

Todas las empresas son diferentes, cada una es constituida organizacionalmente de acuerdo a sus objetivos y por ello, es necesario conocer sus generalidades antes de iniciar cualquier proyecto en ellas. No se puede crear un plan de mantenimiento si se desconoce las actividades productivas que se llevan a cabo dentro de la planta; del mismo modo, no se puede mejorar la productividad si no se conocen los procesos productivos y el tipo de recursos que se utilizan en ellos, debido a ello se describen algunos datos generales de la empresa de estudio y sus actividades productivas actuales.

1.1. Datos generales

RODMOSA es una empresa que se dedica a tres actividades principales:

- Transporte de carga pesada de todo tipo, tales como plataformas, contenedores y maquinaria, entre otros.
- Maquinaria y equipo para movimiento de tierras y obras de ingeniería civil.
- Procesamiento de piedras naturales y prefabricados de concreto, utilizados como decoración, fachadas, pisos y muros de contención, entre otros.

La empresa cuenta con dos plantas de producción y varios predios que son utilizados como parqueos de vehículos o centros de mantenimiento. El proyecto se desarrolla en la planta de producción de piedra, que actualmente es la matriz de la empresa.

1.1.1. Ubicación

La planta está situada en el kilómetro 13 ruta al atlántico, la dirección es diagonal 32, 2-30 zona 25 de la ciudad de Guatemala.

Figura 1. Ruta de acceso a RODMOSA



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth.

En la imagen se puede observar una ruta de acceso desde Centra Norte, hacia la planta de producción de RODMOSA.

1.1.2. Antecedentes

La empresa RODMOSA inicia operaciones desde 1985, pero se constituyó legalmente como sociedad en 2005 y desde entonces ha participado en proyectos de gran envergadura. Originalmente, la actividad principal de la empresa fue el transporte en plataforma, camiones de volteo y, por otro lado, se contaba con una planta pequeña de fabricación de piso de granito de mármol.

En su búsqueda de complementar la flotilla de camiones de volteo y con el afán de conseguir proyectos de mayor tamaño, invierte en maquinaria agrícola para realizar todo tipo de trabajo de movimiento de tierras, abriéndose una puerta para realizar proyectos de obra civil como carreteras, instalación de tuberías, plataformas para construcciones y rellenos entre otros. Por otra parte, también se diversifica el transporte de carga.

Finalmente, en la rama de los prefabricados, incursionaron en la venta de lajas decorativas para diversos usos, a la cual se le han agregado ciertos procesos más industrializados para agregarle ciertas características al producto final.

En el 2010 se empieza a promocionar un producto, que ya existía en el mercado nacional pero al cual no se le hacía mucha propaganda por la falta de industria del mismo, este producto es el piso de piedra de canteras. Las piedras de cantera, son piedras exóticas trabajadas con procesos similares a los procesos con que se trabaja el mármol. Debido a la gran aceptación y demanda que este producto ha tenido, la empresa invierte cada vez más en esta rama, a la cual se le ve mucho más futuro.

Figura 2. **Logo de la empresa**



Fuente: RODMOSA. *Logo de la empresa.* www.rodsoma.com.gt. Consulta: 17 de agosto de 2017.

En la imagen anterior se presenta el logo de la empresa, el cual denota el creciente interés por ofrecer al mercado, pisos en diversidad de materiales, tamaños, texturas y formas.

Desde el 2010, la empresa trabaja grandes proyectos en los cuales no solo se encarga de proveer productos personalizados de alta calidad, sino que también proporciona el servicio de instalación con personal calificado. Esto le permite ser reconocido en el país como una de las empresas más innovadoras en este ámbito. En la siguiente figura se muestra una piedra blanca tallada a mano.

Figura 3. **Productos personalizados**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Visión

Ser líderes a nivel centroamericano en procesamiento de piedras y prefabricados, utilizados en enchapes y fachadas.

1.1.4. Misión

Proveer al sector de construcción, productos para fachadas y enchapes, con características exóticas, a la medida del cliente, rapidez en la producción y de la más alta calidad.

1.1.5. Valores

Los tres valores principales que representan a la empresa y que promueve entre sus trabajadores son:

- Responsabilidad: la empresa y sus empleados buscan cumplir con los proyectos en el tiempo, calidad y condiciones ofrecidas.
- Honestidad: en negociaciones, contratos y ejecución de proyectos, para que los clientes y socios comerciales se sientan con la plena confianza de trabajar con la empresa.
- Innovación: para poder ser pioneros en el desarrollo de nuevos productos y marcar tendencias que se trasladan directamente a los proyectos de los clientes finales.

1.1.6. Recursos

Para el funcionamiento operativo, la empresa utiliza recursos naturales, físicos y humanos, los cuales se describen detalladamente a continuación.

1.1.6.1. Naturales

La empresa cuenta con canteras para la extracción de piedras en distintos puntos de Guatemala, con lo cual garantiza la independencia para extraer sus materias primas.

1.1.6.2. Físicos

En las instalaciones de la planta matriz se producen pisos de granito terrazo y baldosas, se procesa todo tipo de piedra natural y otros productos especiales.

Figura 4. **Planta de procesamiento de piedras**



Fuente: elaboración propia.

Cuenta con una planta de bloques de concreto, adoquines y bordillos; además, cuenta con distintos predios que son utilizados como almacenaje o parqueo de transporte pesado.

Dentro de la planta matriz, las áreas están divididas dependiendo el proceso que se desarrolle o el tipo de material que se trabaje. A grandes rasgos, se tiene el área de apoyo variable, de terrazos y baldosas, de trituración y generación de energía, laminado de piedra, cortes varios, patio, taller, oficinas y bodegas.

1.1.6.3. Humanos

La mayor parte de su personal, está altamente experimentado, ya que la empresa cuenta con muchos procesos que son muy especializados como la cantería, el procesamiento de mármoles o piedras de cantera con máquinas.

Figura 5. **Personal técnico de instalación**



Fuente: elaboración propia.

En la imagen anterior, se puede observar al personal técnico de instalación RODMOSA, en un proyecto realizado en Paseo Cayalá, en la ciudad de Guatemala.

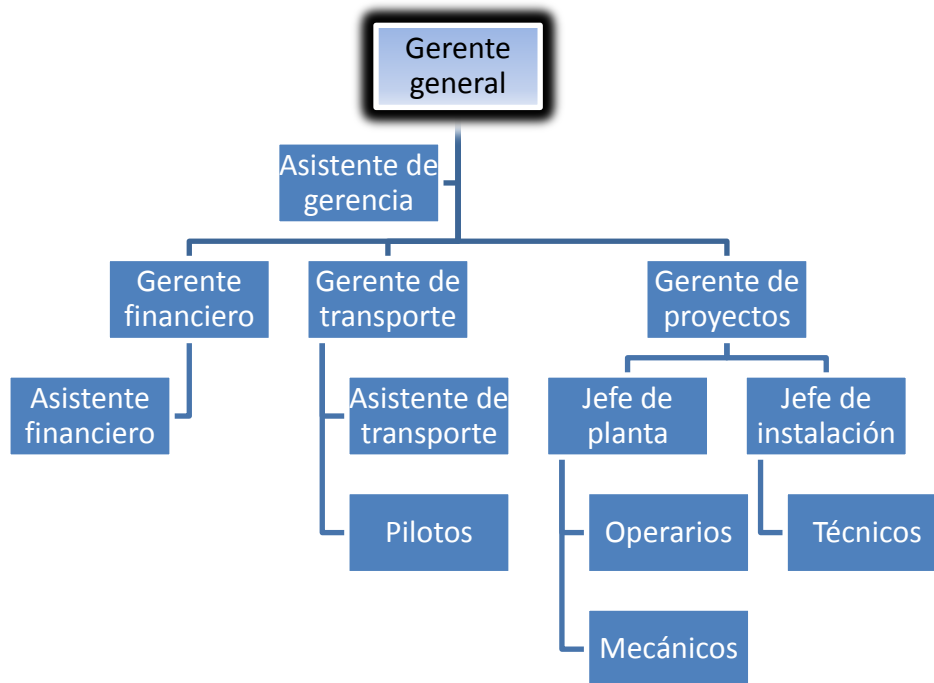
La empresa cuenta con personal calificado para cada área, es decir, para el área de administración, extracción, producción, instalación, mantenimiento y transporte, en total la empresa cuenta con 38 empleados en la planta matriz.

Debido a la estabilidad que la empresa ofrece, el 50 % del personal tiene más de 4 años trabajando para la misma. Adicionalmente, también se tiene personal temporal, que depende de la cantidad, el tipo y la magnitud de proyectos adquiridos al mes.

1.1.6.3.1. Organigrama

De acuerdo a las actividades de la empresa, la división del trabajo y el personal que posee, se elabora el siguiente organigrama que representa gráficamente la estructura organizacional de la empresa la cual es de tipo lineo-funcional.

Figura 6. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

1.2. Actividades actuales

Las actividades productivas actuales de RODMOSA son el transporte pesado, proyectos de obra civil, procesamiento de piedras y prefabricados de concreto.

1.2.1. Productos y servicios

En las instalaciones de la planta de procesamiento de piedras y prefabricados de concreto se elaboran los siguientes productos:

- Lajas y piedras decorativas
- Fachaletas de piedra cortadas a mano o con máquina
- Piedras de cantera talladas a mano
- Piso piedra
- Piso terrazo y baldosas a base de mármol
- Losetas artesanales de granito lavado
- Gradas y bordillos
- Block y adoquines
- Estructuras en piedra

Además de los productos antes mencionados, la empresa también ofrece los siguientes servicios:

- Transporte de los productos que elabora la empresa
- Instalación de piedras, piso, losetas, entre otros
- Diseño y asistencia para la instalación de los productos adquiridos

Todos los productos se elaboran bajo las medidas de seguridad correspondiente; se asegura no solo su calidad, también, se resguarda la integridad física de los trabajadores y los clientes.

Se cuenta con maquinaria y equipo especial para el transporte de productos, que posee la capacidad de soportar el peso y volumen requerido por los clientes.

Figura 7. **Productos y servicios de RODMOSA**



Fuente: Pisos RODMOSA. *Productos y servicios*. <http://pisosrodmosa.com/web/>. Consulta: 19 de agosto de 2017.

La imagen anterior muestra la forma como la empresa presenta sus productos y servicios a los clientes *online*, por medio de su página en internet <http://pisosrodmosa.com/web/>. Los clientes han utilizado este medio para solicitar cotizaciones de proyectos específicos y realizar consultas varias de diseño, o respecto a las características y precios de algunos productos.

También, ha creado una página en Facebook e Instagram que le permite mantenerse en contacto con sus clientes para aclarar dudas, realizar promociones, mostrar sus productos ya instalados, mostrar el proceso de instalación por medio de videos y estar al alcance de clientes potenciales.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA RODMOSA

Después de conocer la empresa organizacionalmente, se profundiza el conocimiento al estudiar los procesos productivos en las instalaciones de la planta. Uno de los elementos de mayor importancia en el estudio, es el equipo y la maquinaria que interviene en el proceso productivo, así como el que se usa en los mantenimientos.

Lo primordial para realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para la planta RODMOSA es un estudio de la situación actual de todas las tareas de mantenimiento que se realiza. Con base en dicho estudio, ya se procede con el diseño del plan de mantenimiento preventivo, que se adecue a las necesidades operativas y funcionales de la empresa.

2.1. Situación actual del mantenimiento

RODMOSA ha ido creciendo año con año, gracias a la diversificación de productos, por lo que se ha visto en la necesidad de adquirir, e incluso fabricar, más maquinaria que le permita suplir la demanda actual.

A pesar del crecimiento alcanzado por la empresa y de poseer personal que proporcione mantenimiento a la maquinaria y equipo, lamentablemente aún no se ha estructurado un departamento de mantenimiento como tal, que facilite y controle este proceso.

2.1.1. Análisis de la problemática

Para analizar la problemática del mantenimiento en la empresa, es necesario utilizar las distintas herramientas administrativas para la detección de fallas o causas que las provocan, para ello se recurre al diagrama de causa y efecto que contribuye a la comprensión de la problemática de las causas y los efectos que conllevan.

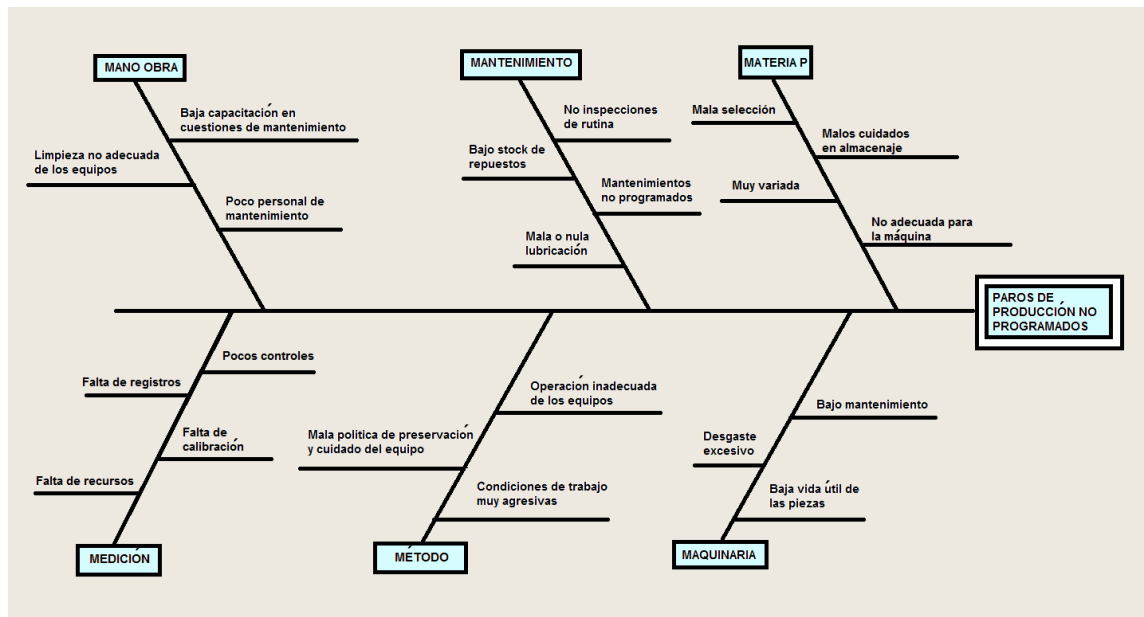
Además, se realiza un análisis FODA para la detección, tanto de las amenazas, como de las debilidades que enfrentan; que evidencia al mismo tiempo las fortalezas y oportunidades que pueden ser aprovechadas si se identifican y estudian para establecer las acciones correctas.

2.1.1.1. Diagrama de causa y efecto

Los paros de producción no programados se han convertido en el principal problema que enfrentan en la planta matriz, por ende, al analizar las herramientas que pueden ser utilizadas, se decide utilizar la herramienta causa y efecto, con la cual se espera encontrar las distintas causas que están provocando los paros. Para poner en práctica dicha herramienta, es necesario analizar las 6 M: mano de obra, materia prima, medio ambiente, método, medición y maquinaria.

Para entender la relación que puede existir entre los paros de producción no programados y las 6 emes, se realiza una revisión visual de las distintas áreas de trabajo analizando factores como, mal uso de la maquinaria, ambiente inadecuado de operación tanto para la maquinaria como para el personal, malas instalaciones, procesos mal definidos, maquinaria obsoleta y otros factores que pueden influir para encontrar posibles soluciones.

Figura 8. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Acciones a realizar

Al llevar a cabo el análisis de la situación actual de la empresa, se establecen las siguientes acciones a realizar:

- Mano de obra
 - Capacitar al personal en cuestiones de mantenimiento, cuidado de los equipos y correctas formas de operación, para evitar al máximo las averías y aumentar los intervalos entre paros.
 - Organizar al personal de mantenimiento para poder aprovechar al máximo su tiempo.

- Mantenimiento
 - Crear un departamento de mantenimiento como tal y organizarlo para que sea más eficiente, que incluya bodega, personal, controles de lubricación, inspecciones de rutina, repartición de las acciones propias de dicho departamento.

- Materia prima
 - Capacitar al personal operativo para que pueda realizar una mejor selección de la materia prima y así evitar paros.

- Medición
 - Tomar en cuenta la calibración de los equipos en las labores de mantenimiento, además de esto, el personal operativo debe revisar constantemente el producto en proceso.

- Método
 - Mejorar la forma de operación y las políticas de cuidado de los equipos con las capacitaciones.

- Maquinaria
 - Aumentar los cuidados de los equipos y su respectivo mantenimiento, que permita incrementar la calidad del servicio y su vida útil.

2.1.2. Listado de equipos

Para la producción de lajas y piedras decorativas, al igual que los diferentes tipos de pisos y losetas, se tienen diferentes equipos especializados, los cuales se enlistan y cuantifican en la siguiente tabla.

Tabla I. Listado de equipos

Núm.	Nombre
Equipo de producción	
1	Cortadora de banco 230 mm
2	Cortadora de banco 230 mm
3	Cortadora de banco 230 mm
4	Cortadora de banco 230 mm
5	Cortadora de banco 230 mm
6	Cortadora de banco 230 mm
7	Cortadora de banco 230 mm
8	Cortadora de banco 230 mm
9	Cortadora de banco 230 mm
10	Cortadora de banco 230 mm
11	Mesa vibratoria
12	Pulidora rotativa
13	Pulidora Lineal 3 cabezas
14	Prensa Rotativa Semiautomática
15	Mezcladora de tambor
16	Mezcladora de tambor
17	Motor Detroit Generador
18	Generador Eléctrico
19	Telar de 15 sierras
20	Trituradora de quijada
21	Clasificadora de triturados
22	Lijadora de baldosas
23	Cortadora de Puente 1 700 mm
24	Sisadora para piedra 230 mm
25	Sisadora para piedra 230 mm
26	Tronzadora de hidráulica
27	Compresor
28	Compresor
29	Prensa Hidráulica
30	Torno de 1 m entre puntos
31	Torno de 2,5 m entre puntos
32	Soldadura eléctrica estacionaria

Continuación de la tabla I.

33	Soldadura eléctrica estacionaria
34	Soldadura con generador
35	Taladro de pedestal
36	Cortadora plasma $\frac{3}{4}$
Equipo de carga	
37	Montacargas 2,5 ton
38	Montacargas 2,5 ton
39	Cargador Frontal
Equipo de transporte	
40	Camión de 2 ton
41	Camión de 5 ton
42	Camión de 5 ton
43	Camión de 10 ton
44	Camión de 10 ton
45	Camión de 15 ton
46	Camión de 15 ton
47	Vehículo Tipo picop
48	Vehículo Tipo picop
49	Vehículo Tipo picop
50	Vehículo Tipo picop
51	Vehículo Tipo picop

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Diagnóstico de los equipos

En la actualidad la mayoría de equipos solo cuentan con mantenimiento correctivo; a algunos, como los vehículos, se les realiza el servicio de cambio de aceite y filtros cada cierto período.

Muchos de los equipos no cuentan con soporte de marca en Guatemala, debido a que son fabricados bajo pedido con características especializadas en el extranjero o incluso son diseños propios construidos en la planta. También, hay máquinas que debido a su antigüedad no es posible encontrar repuestos, siendo necesario el ajuste de piezas del mercado o cotizar el diseño en empresas especializadas en reconstrucción de piezas.

La mayoría de máquinas no cuentan con indicadores para el control de uso como horómetro u odómetros, los cuales pueden servir para dar un parámetro de realización de mantenimiento.

También, se identifica que no existe un registro de servicios de mantenimiento o reparaciones realizadas durante los últimos años, ni siquiera se elaboran órdenes para trabajo. Cuando se necesita un trabajo de mantenimiento únicamente se notifica al mecánico disponible para que atienda la avería.

2.1.4. Departamento de mantenimiento

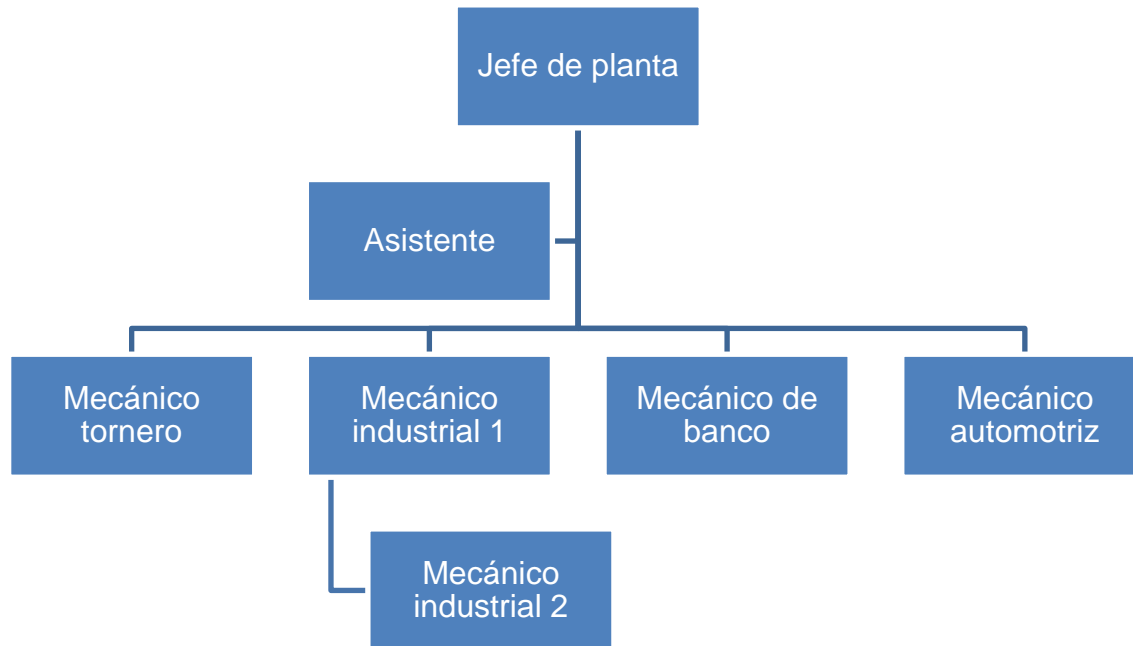
Actualmente, no se cuenta con un departamento de mantenimiento como tal; sin embargo, si se cuenta con personal interno de la empresa que llevan a cabo labores de mantenimiento, que realiza el trabajo conforme a la emergencia que se presente.

Es por esta razón que no se elaboran controles de fallos, fichas de control de trabajos, fichas de asignación de actividades, cronogramas, ni se realizan mantenimientos en los períodos requeridos.

2.1.4.1. Organización

No existe un departamento de mantenimiento en la empresa, sin embargo, se ha contratado a 5 personas con conocimiento de mecánica para que atiendan las distintas labores de mantenimiento. Dichas labores son asignadas y atendidas conforme su prioridad, por el jefe de planta o en su ausencia por su asistente.

Figura 9. **Distribución actual del personal de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.2. Recurso humano

Actualmente, para proporcionar mantenimiento a los equipos, la maquinaria y las instalaciones, se tiene al siguiente personal:

- 1 mecánico tornero
- 2 mecánicos industriales
- 1 mecánico de banco
- 1 mecánico automotriz tipo B

El personal está capacitado para realizar las tareas de reparación para las cuales han sido contratados, que cumple con las funciones asignadas. Además,

se observa que están motivados, aportan conocimientos e ideas en cada actividad que se presenta, tienen libertad para tomar decisiones conjuntamente con el jefe de planta y están comprometidos con los objetivos de la empresa.

En cuanto al volumen de actividades, se observa que están sobrecargados de trabajo que ocasiona que algunas labores tiendan a atrasarse en su cumplimiento; lo anterior genera la necesidad de subcontratar servicios externos de mantenimiento ocasionalmente.

2.1.4.3. Planes de mantenimiento

Como no hay un departamento de mantenimiento, tampoco se ha elaborado un plan de mantenimiento con acciones preventivas, predictivas y correctivas específicas para la maquinaria, equipo e instalaciones de la planta matriz.

Los trabajos que actualmente se realizan son correctivos y reparaciones de avería en cuanto se detectan fallas; generalmente, se basan en la experiencia de los técnicos, chequeos visuales, auditivos o por defectos en producción.

2.1.4.4. Equipos para el mantenimiento

En la planta existen distintas maquinarias y equipos destinados al mantenimiento, con los cuales se busca mejorar la calidad de cada labor de mantenimiento; entre estas están las máquinas herramientas que son utilizados para la fabricación de piezas; que de no construirlas en la planta su coste sería muy elevado y el tiempo en que se consigue es extremadamente prolongado.

Entre los equipos destinados para las tareas de mantenimiento, se tienen los siguientes:

- Prensa hidráulica
- Compresor
- Torno de 2,5 m entre puntos
- 3 equipos de soldadura de distintas capacidades
- Talador de pedestal
- Cortadora plasma corte efectivo de $\frac{3}{4}$
- Taladro magnético
- 6 pulidoras manuales de distintos tamaños
- 8 taladros manuales de distintos tamaños
- Equipo de oxicorte
- Herramientas varias para complementar la labor de mecánica

Entre los equipos de soldadura, existe uno portátil con generador incorporado, que generalmente es utilizado cuando el mantenimiento es fuera de la planta para algún cliente o cuando está lejos de alguna toma de corriente dentro de la planta para facilitar los trabajos.

El estado de los equipos es muy bueno, se tratan de mantener en óptimas condiciones y a estos si se les brinda un mantenimiento constante.

Actualmente, se cuenta con un número de equipos muy ajustados para las labores de mantenimiento, en ocasiones no son suficientes cuando se acumulan algunos trabajos.

2.1.4.5. Administración de los trabajos

Los trabajos de mantenimiento son asignados por el jefe de planta, por medio de una notificación verbal.

El proceso es simple, cuando el operario detecta alguna falla en la maquinaria o defectos en el producto, notifica al jefe de planta, para que este asigne a la persona que considere adecuada o la que esté disponible para hacer el diagnóstico, solicitar los materiales o repuestos que necesite y determinar las acciones a tomar.

Al terminar el diagnóstico, el técnico notifica al jefe de planta para la aprobación del presupuesto y de las acciones establecidas. Ya con la aprobación se lleva a cabo el mantenimiento y se notifica verbalmente el resultado final.

Aunque las personas contratadas para encargarse de las tareas de mantenimiento tienen una especialidad, se les ha proporcionado capacitación para que puedan atender diferentes situaciones dentro de la planta. Esto con el objetivo de contar siempre con personal capaz de atender las averías más comunes.

2.1.4.6. Costos de mantenimiento

La gerencia ha detectado que en el trimestre del 16 de mayo al 15 de agosto los costos de mantenimiento han superado el presupuesto asignado de Q 100 000,00. Dichos costos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla II. **Reporte de costos**

Reporte 16 de mayo a 15 de agosto	
Descripción	
Total	
Repuestos	
Mangueras	Q 8 275,75
Llantas	Q 10 100,00
Tornillos, tuercas, brocas, entre otros	Q 3 793,10
Repuestos varios	Q 22 418,55
Filtros, fajas, retenedores, entre otros	Q 11 163,50
Insumos	
Insumo de electrodo	Q 1 050,00
Aceite	Q 14 000,00
Subcontratación	
Reparaciones externas	Q 2 186,00
Reparaciones eléctricas	Q 2 294,00
Mano de obra	
Sueldos	Q 25 173,00
Total	Q 100 453,90

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.7. Bodega de repuestos

Se tiene un área pequeña, dentro de las instalaciones, destinada al almacenamiento de repuestos básicos para proporcionarle mantenimiento a la maquinaria y el equipo de producción, carga y transporte.

En la bodega de repuestos no se lleva un control de los repuestos que poseen, por lo que se debe realizar un inventario para llevar un mejor control.

2.2. Diseño del plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo inicia con la definición de objetivos, metas y políticas que se adecuen a las necesidades y posibilidades de la planta. El inventario y codificación de equipos se realiza para planificar las actividades de mantenimiento; también, para que la empresa tenga un registro de su capacidad productiva y la necesidad de mantenimiento.

Se debe establecer el recurso humano que se requiere para efectuar todas las actividades programadas, los indicadores de cumplimiento del plan propuesto y llevar un registro de gastos mensuales.

2.2.1. Objetivos

El objetivo principal del plan de mantenimiento es establecer el conjunto de actividades que compensen el desgaste que el tiempo y el uso provocan en las maquinarias y los equipos de la planta matriz de RODMOSA. Entre los objetivos específicos planteados para el plan de mantenimiento preventivo se tienen los siguientes:

- Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo que se necesite para que las actividades productivas programadas diariamente no sufran ningún percance.
- Alcanzar la certeza de que la maquinaria y el equipo se encuentra en óptimas condiciones operativas en cada ciclo productivo.
- Preservar o conservar las condiciones operativas y funcionales de la maquinaria y el equipo, minimizando su desgaste y deterioro.

- Reducir los costos asociados al mantenimiento presupuestado para cada trimestre, optimizando los recursos disponibles para ello y disminuyendo los mantenimientos correctivos.

2.2.2. Metas

Las metas planteadas, se refieren al propósito final hacia el cual los objetivos específicos se encaminan. En tal caso, las metas del plan de mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Reducción de los paros no programados en el área de producción
- Disminución de los tiempos de mantenimiento
- Maximización de la vida útil de la maquinaria y equipo
- Reducción de costos de mantenimiento para el siguiente trimestre

2.2.3. Políticas

Todas las actividades que se incluyan en el plan de mantenimiento preventivo deben estar encaminadas al cumplimiento de objetivos generales de la empresa, que favorezcan el flujo continuo de sus actividades operativas. Al ejecutar el plan de mantenimiento preventivo es necesario que el personal cumpla con las medidas de seguridad y calidad con las que se trabaja a nivel organizacional.

La mejora continua y la evaluación de los procesos de mantenimiento, deben ser propiciadas para obtener mejores resultados de implementación a largo plazo.

2.2.4. Recurso humano

RODMOSA considera que uno de los elementos más importantes para que el plan de mantenimiento preventivo se desarrolle exitosamente, es el recurso humano que ha de desempeñar las actividades propuestas. Respecto a este recurso hay diversos factores a considerar, pero para obtener buenos resultados en la implementación del plan, se establece lo siguiente:

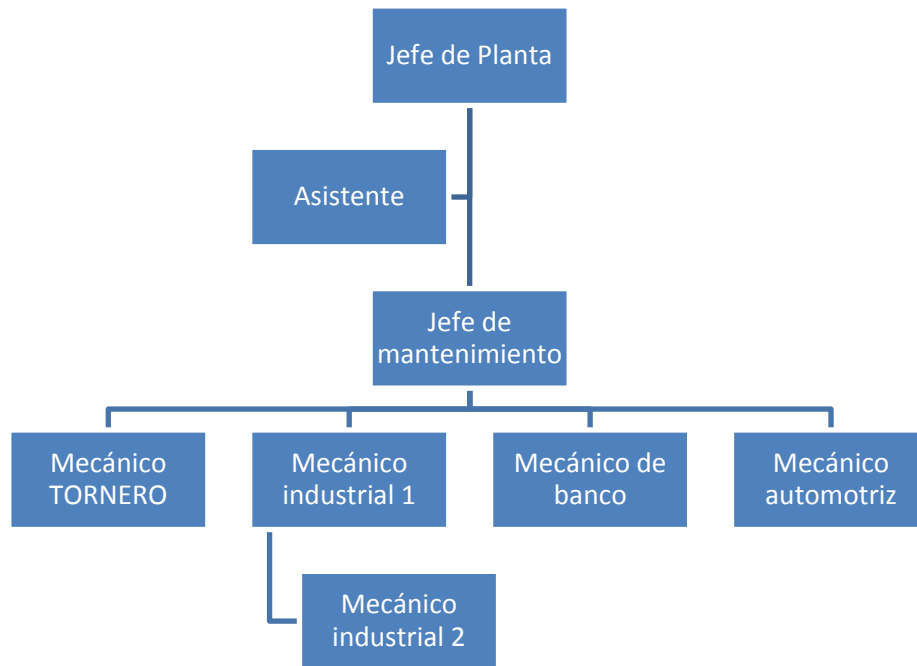
- Es necesario definir una estructura organizacional del área de mantenimiento, es decir, establecer funciones y jerarquías.
- Crear el puesto de jefe de mantenimiento, quien tendrá a su cargo a los mecánicos que posee la empresa actualmente.
- Capacitar al personal respecto a sus funciones, los canales de comunicación organizacional, jerarquía en las operaciones, documentación y registro de las actividades de mantenimiento, cambios en los procesos operativos, así como la importancia de su desempeño en el éxito del plan y de la empresa en general. Este inciso se complementa con la información expuesta en el capítulo cuatro del presente documento.

Los puestos del departamento de mantenimiento que se proponen son los que se describen a continuación:

- Jefe de mantenimiento: reporta al jefe de planta el resultado del plan de mantenimiento; gestiona los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de su área; coordina las actividades de mantenimiento; supervisa el desempeño de los mecánicos.

- Mecánico tornero: se encarga de la fabricación de piezas mecánicas necesarias en planta, mediante el uso de tornos y otros equipos. Recibe las órdenes de trabajo del jefe de mantenimiento y es a él a quien debe reportar el resultado de su trabajo.
- Mecánico industrial: desempeña funciones de instalación, montaje, operación, mantenimiento y reparación de máquinas o equipos mecánicos e hidráulicos que se encuentran en la planta. Recibe las órdenes de trabajo del jefe de mantenimiento, reportándole los resultados de su trabajo.
- Mecánico de banco: repara estructuras metálicas, da mantenimiento a las instalaciones, realiza actividades de soldadura, entre otras actividades asignadas por el jefe de mantenimiento a quien debe reportarle el resultado de su trabajo al finalizarlo.
- Mecánico automotriz tipo B: da mantenimiento y repara las unidades automotoras de la planta; lleva el control de los servicios mayores y menores realizados a todos los vehículos; recibe las órdenes de trabajo del jefe de mantenimiento debe reportar el resultado de su trabajo al finalizarlo.

Figura 10. **Organigrama del área de mantenimiento**



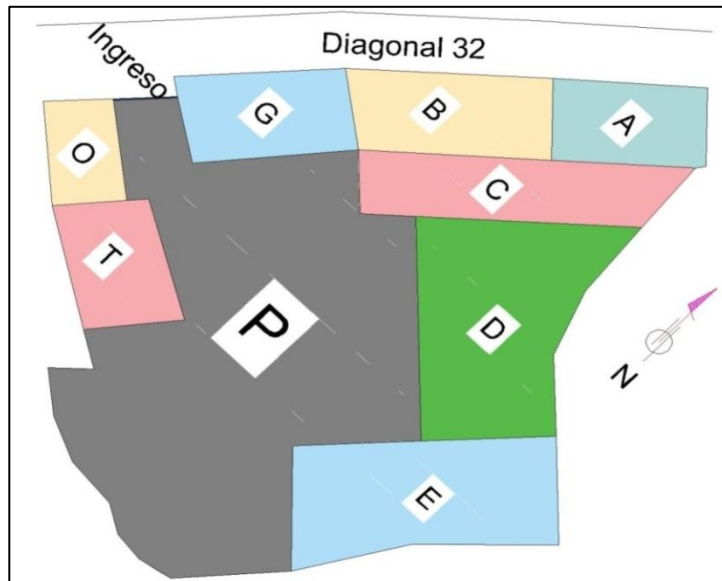
Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Inventario de maquinaria y equipo

La planta no cuenta con un inventario de los equipos que posee. En la visita técnica realizada para diagnóstico de las condiciones operativas; también, se aprovecha para inventariar la maquinaria y equipo disponible que requiere de trabajos de mantenimiento.

Se inicia por realizar un recorrido y dividir la planta en áreas, las cuales facilitan la localización de la maquinaria y equipo, dicha división se muestra en la siguiente figura. Estas áreas también se utilizan en la codificación de los equipos.

Figura 11. **Distribución de la planta**



Fuente: elaboración propia.

La simbología empleada en la figura anterior, es descrita en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla III. **Descripción de áreas en la empresa**

Nombre	Código	Descripción
Apoyo Variable	A	Área modulable para la fabricación de productos y procesos especiales
Terrazos y baldosas	B	Área de prefabricados de concreto
Trituración y generación de energía	C	En esta área se ubica la distribución central de energía, generador y equipo de trituración para materias primas
Laminado de piedra	D	Área especial para corte de piedras en tamaños grandes
Cortes varios	E	Área de corte para las áreas previas
Patio	P	Lugar de almacenaje, parqueo, mantenimientos, entre otros
Taller	T	Lugar destinado a mantenimientos delicados
Oficinas y bodegas	O	Área administrativa, ventas y almacenamiento
Guardianía	G	Área donde se ubica el personal de seguridad

Fuente: elaboración propia.

Mediante el recorrido se van enlistando todas y cada una de las máquinas y equipos con los que cuenta la planta. En el punto 2.2.6. se elabora un listado de los equipos que requieren de mantenimientos, estos se presentan en las tablas V, VI, VII y VIII. Conforme a ello, se puede determinar que trabajan con 27 equipos de producción, 9 equipos de mantenimiento, 3 equipos de carga y 12 equipos de transporte.

2.2.6. Codificación de los equipos

Los equipos deben codificarse para identificar sus características físicas, mecánicas internas, ubicarlas y facilitar el control de las actividades de mantenimiento en cada uno. El criterio que se utiliza para dicha codificación se explica en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla IV. **Criterio de codificación de maquinaria y equipo**

Criterio de codificación			
Nombre del equipo	Abreviatura	Guión	Correlativo
Camión de 5 toneladas	CM05	-	1
Nombre con el cual se identifica el equipo	Abreviatura asignada al equipo	Se utiliza solo si lleva un correlativo	Se asigna un correlativo si hay más de un equipo con las mismas características
Código de equipo	CM05-1		

Fuente: elaboración propia.

El código que se le asigna a cada equipo, es para uso exclusivo de la planta y el personal que trabaje con estos equipos directamente. Esto implica que si se trabaja con personal subcontratado o temporal, estos deben conocer esta codificación para evitar errores en la ejecución de los mantenimientos.

A continuación, se enlistan los códigos de la maquinaria y el equipo de la planta que se utilizan para producción, después los de mantenimiento, seguidos de los de transporte y por último los de carga.

Tabla V. **Codificación de maquinaria y equipo de producción**

Maquinaria y equipo de producción			
Núm.	Nombre del equipo	Código	Área
1	Cortadora de banco 230 mm	CT1	A
2	Cortadora de banco 230 mm	CT2	A
3	Cortadora de banco 230 mm	CT3	E
4	Cortadora de banco 230 mm	CT4	E
5	Cortadora de banco 230 mm	CT5	E
6	Cortadora de banco 230 mm	CT6	E
7	Cortadora de banco 230 mm	CT7	E
8	Cortadora de banco 230 mm	CT8	E
9	Cortadora de banco 230 mm	CT9	E
10	Cortadora de banco 230 mm	CT10	E
11	Mesa vibratoria	Mvibr	A
12	Pulidora rotativa	Pul R	B
13	Pulidora lineal 3 cabezas	Pul L	B
14	Prensa rotativa semiautomática	PreR	B
15	Mezcladora de tambor	Mez-1	B
16	Mezcladora de tambor	Mez-2	B
17	Motor Detroit generador	Gen-1	C
18	Generador eléctrico	Gen-2	C
19	Telar de 15 sierras	Telar	D
20	Trituradora de quijada	Trit-1	C
21	Clasificadora de triturados	Trit-2	C
22	Lijadora de baldosas	Lij	A
23	Cortadora de puente 1 700 mm	CTP	D
24	Sisadora para piedra 230 mm	Sis-1	E
25	Sisadora para piedra 230 mm	Sis-2	E
26	Tronzadora de hidráulica	Tronz	E
27	Compresor	Compr-1	B

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Codificación de equipos para mantenimiento**

Equipo para mantenimiento			
Núm.	Nombre del equipo	Código	Área
1	Compresor	Compr-2	B
2	Prensa hidráulica	PreH	T
3	Torno de 1 m entre puntos	Tr-1	T
4	Torno de 2,5 m entre puntos	Tr-2	T
5	Soldadura eléctrica estacionaria	Sol-1	T
6	Soldadura eléctrica estacionaria	Sol-2	T
7	Soldadura con generador	Sol-3	T
8	Taladro de pedestal	Tal	T
9	Cortadora de plasma 3/4	Plasma	T

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Codificación de equipos de transporte**

Equipo de transporte			
Núm.	Nombre del equipo	Código	Área
1	Camión de 2 ton	CM02-1	P
2	Camión de 5 ton	CM05-2	P
3	Camión de 5 ton	CM05-3	P
4	Camión de 10 ton	CM10-4	P
5	Camión de 10 ton	CM10-5	P
6	Camión de 15 ton	CM15-6	P
7	Camión de 15 ton	CM15-7	P
8	Vehículo tipo picop	Pick-1	P
9	Vehículo tipo picop	Pick-2	P
10	Vehículo tipo picop	Pick-3	P
11	Vehículo tipo picop	Pick-4	P
12	Vehículo tipo picop	Pick-5	P

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Codificación de equipos de carga**

Equipo de carga			
Núm.	Nombre del equipo	Código	Área
1	Montacargas 2,5 ton	MtC-1	P
2	Montacargas 2,5 ton	MtC-2	P
3	Cargador frontal	CF	P

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Planificación de las actividades preventivas

Las actividades preventivas se planifican con base en la información recabada en las inspecciones generales del estado de las máquinas y los equipos, así como la vida útil y las recomendaciones establecidas por los fabricantes.

Entre las actividades preventivas a planificar están las inspecciones generales, para detección temprana de posibles fallas; las revisiones mecánicas, eléctricas, electrónicas, hidráulicas o neumáticas; la lubricación; así como los cambios de piezas, que se sabe que se desgastan cada cierto tiempo.

En la siguiente imagen, se puede observar una hoja de planificación, que es la que se ha de utilizar para programar las actividades de mantenimiento preventivo.

Tabla IX. Hoja de planificación

		Mantenimiento preventivo						
		Registro y control						
Equipo:				Código:				
Ubicación:				Prioridad:				
Programación								
Mes	Semana				Frecuencia			
	1	2	3	4	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral
Enero								
Febrero								
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre								
Diciembre								
Simbología								
RM= revisión mecánica				I= inspección general				
RE= revisión eléctrica				LG= Lubricación general				
Rel= revisión electrónica				LP= lubricación de piezas				
RH= revisión hidráulica				CF= cambio de fajas				
RN= revisión neumática				CP= cambio de piezas				
Observaciones:								
Elaborado por:				Aprobado por:		Fecha:		

Fuente: elaboración propia.

El jefe de mantenimiento es el que elabora la programación y entrega al personal técnico este documento, las órdenes de trabajo, la ficha técnica y la carta de lubricación cuando corresponda, para que se puedan desarrollar con mayor eficiencia.

2.2.7.1. Fichas técnicas


Una ficha técnica, es un documento que posee información de máquinas o equipos. La mayoría de los fabricantes proporcionan dichas fichas a sus clientes, con el fin de garantizar la vida útil que se estima para ellos.

La presentación de la información en las fichas técnicas, varía conforme al criterio de quien las elabora; también varía la información que proporcionan. Por esto se da a conocer la información que la empresa considera importante y que debe colocarse en una ficha técnica, estas son:

- Identificación del equipo: esta sección proporciona información general del equipo: nombre, marca, año de fabricación, modelo, número de serie, código de identificación dentro de la empresa, ubicación y dimensiones.
- Características técnicas: capacidad, voltaje, alimentación, corriente, frecuencia, tipos de sistema operativo y característica de motor.
- Mantenimiento: informa el tipo de mantenimiento que debe aplicarse, la periodicidad con que debe proporcionarse y los sistemas que lo requieren.
- Requerimientos: especificaciones para la correcta instalación y operación de los equipos, que pueden proporcionar los fabricantes o incluso los operarios.

En RODMOSA, la mayoría de maquinaria no posee fichas técnicas, por lo que se hace necesaria su elaboración; utiliza como base el formato que se presenta en la siguiente figura.

Tabla X. Formato de ficha técnica


 Ficha técnica					
Identificación de equipo					
Nombre:			Código:		
Marca:			Modelo:		
Fabricante:			Ubicación:		
Año de fabricación:			No. de serie:		
Dimensiones:			Prioridad:		
Características técnicas					
Voltaje:		Sistemas operativos		Características del motor	
Corriente:		Sistema neumático:		Descripción:	
Frecuencia:		Sistema hidráulico:		Marca:	
Potencia:		Sistema electrónico:		Voltaje:	
Capacidad:		Sistema mecánico:		RPM:	
Alimentación:		Sistema térmico:		HP:	
Mantenimiento					
Tipo		Periodicidad	Paro productivo	Sistemas que requieran mantenimiento	
Predictivo:				Eléctrico:	Electrónico:
Preventivo:				Hidráulico:	Térmico:
Correctivo:				Mecánico:	Neumático:
Especificaciones de mantenimiento					
Requerimientos de instalación					
Requerimientos de operación					
Observaciones:					
Elaborado por:		Aprobado por:		Fecha:	

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.2. Cartas de lubricación

Al igual que las fichas técnicas se procede a elaborar las cartas de lubricación para la maquinaria y el equipo que no posea. Para ello se elabora el siguiente formato.

Tabla XI. Formato de carta de lubricación

 Carta de lubricación						
Equipo de planta						
Responsable:				Asignado por:		
Área:				Fecha:		
Núm.	Nombre del equipo	Partes a lubricar	Lubricante	Frecuencia	Método	Tiempo
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
Observaciones:						

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.3. Fichas de control de fallos

Esta es una sección donde se especifican los fallos que surgen en la maquinaria y el equipo de la empresa durante un determinado período de

control. En la siguiente figura se muestra el formato diseñado para estas fichas, conforme a las necesidades y los requerimientos de RODMOSA.

Tabla XII. **Formato de fichas de control de fallos**

Control de fallos							
Equipo de planta y carga							
Responsable:				Costo total:			
Período:				Tiempo improductivo total:			
Núm.	Nombre de equipo	Fallo detectado	Causa	Técnico	T improductivo	Costo	Fecha
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
Observaciones:							

Fuente: elaboración propia.

Esta ficha posee diversas columnas para agrupar toda la información que se considera importante respecto a los fallos. En estas columnas se debe colocar el nombre de los equipos que fallan; especificar el tipo de fallo detectado que puede ser mecánico, hidráulico, eléctrico, electrónico, etc.; determinar las posibles causas del fallo; notificar el nombre del técnico que atiende el fallo, el tiempo improductivo a causa del fallo, el costo total de los

materiales y la mano de obra empleados para atender el fallo, así como la fecha cuando el fallo.

2.2.7.4. Órdenes de trabajo

Una orden de trabajo es un documento de respaldo, en el cual se da a conocer información para la ejecución de actividades. El formato que se utiliza para la elaboración de órdenes de trabajo en RODMOSA incluye la siguiente información:


- La primera sección proporciona información general de la maquinaria o equipo al cual se le proporcionará mantenimiento; se agrega el nombre, marca, ubicación, código, modelo y prioridad de mantenimiento.
- La segunda sección es para describir, en términos generales, la actividad que se ha de realizar; la cual se complementa con la tercera sección, que posee las especificaciones de que materiales se utilizarán, los repuestos, el tiempo estimado, el número de mecánicos necesarios y el responsable.
- Se agrega una sección para que los técnicos puedan describir las fallas que encontraron; así como una sección para detallar la intervención realizada al equipo.

Siempre se agrega una sección para que se puedan anotar las observaciones que los técnicos consideren importantes para la retroalimentación.

2.2.7.5. Hojas *checklist*

Se elaboran formatos para hojas de *checklist* que facilitan el control de mantenimiento de vehículos.


Tabla XIV. Formato *checklist* para servicio mayor

		Checklist	
		Servicio mayor para vehículos	
		Responsable:	Fecha del servicio:
Núm	Actividad	Estado	Observación
Cambios			
1	Aceite de motor		
2	Filtro de aceite		
3	Filtro de prefiltro diesel		
Revisiones			
4	Fugas de aceite		
5	Fugas de agua en sistemas de enfriamiento		
6	Condición y ajuste de fajas		
7	Depósitos de líquido de limpiabrisas		
8	Mangueras		
9	Luces, bocina, limpiabrisas, alarmas retroceso		
10	Juego de pedales		
11	Sistema de escape y freno de motor		
12	Sistema de embrague		
13	Batería, líquido, nivel de ácido y cables		
14	Engrase de cruces, accesorios de transmisión		
15	Válvula de neumática de freno de motor		
16	Motor de arranque		
17	Funcionamiento de alternador		
18	Cargadores de caja de velocidades de motor		
19	Muelles, ballestas, amortiguadores, hules de barras estab.		
20	Guardapolvos de flechas y cremalleras		
Lavado y limpieza			
21	Sistema de enfriamiento		
22	Terminales de batería		
23	Lavado de motor		
24	Lavado de chasis		
Otros			
25	Calibración de neumáticos y rotación de llantas		
26	Engrase y lubricación de chasis y suspensión		
27	Ajuste general de carrocería		
Observaciones:			
Para vehículos de gasolina el servicio mayor se realiza cada 15 000 km			
Para vehículos de diesel el servicio mayor se realiza cada 9 000 km			
Para vehículos pesados el servicio mayor se realiza cada 15 000 km			

Fuente: elaboración propia.

Una es para verificar la correcta aplicación del servicio mayor y la otra para establecer el estado general de los vehículos.

Tabla XV. Formato *checklist* para estado general

		Checklist			
Estado general de vehículos					
Responsable:			Supervisor:		
Actividad:			Fecha:		
Vehículo:			Placa:		
Km Salida:		Km entrada:			
Nivel de combustible al recibir:	1/4.	1/2.	3/4.	Full.	
Nivel de combustible al entregar:	1/4.	1/2.	3/4.	Full.	
Carga de combustible en ruta:	Galones:		Quetzales:		
Núm.	Elemento a revisar	Estado	Observación		
1	Luces				
2	Pidevías frontal				
3	Retrovisores				
4	Ventanas				
5	Parabrisas				
6	Cabina				
7	Linterna				
8	Cables de corriente				
9	Llave de chuchos				
10	Lagarto de levante o triquet				
11	Galón de agua				
12	Llanta de repuesto				
13	Señalización de emergencia				
14	Pidevías trasero				
15	Luces de emergencia				
16	Stops o luces de freno				
17	Palangana				
18	Lona				
19	Cuerda para sujeción de carga				
20	Llantas				
21	Fecha de servicio mayor:		Kilometraje de servicio mayor:		
22	Fecha de servicio menor:		Kilometraje de servicio menor:		
Servicio menor para vehículos					
Núm.	Elemento a revisar en servicio menor	Estado	Observación		
1	Cambio de aceite de motor				
2	Cambio de filtro de aceite				
3	Revisión de depósito de líquido de limpiabrisas				
4	Revisión de frenos delanteros y traseros				
5	Revisión de luces, bocina, limpiabrisas, puertas, alarma				
6	Revisión de batería, líquido, ácido, cables y terminales				
El servicio menor para vehículos de gasolina se debe hacer cada 5 000 km y diesel cada 3 000 km					

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.6. Frecuencia de las actividades

La frecuencia con que se realicen las actividades de mantenimiento dependerá del equipo o la maquinaria que se trabaje. Principalmente para el mantenimiento preventivo de la empresa, se establece que hay mantenimientos, semanales, mensuales, trimestrales y semestrales.

En los vehículos, por ejemplo, se tiene que la frecuencia con que se les realiza el servicio, no depende de un período de tiempo específico, más bien está relacionado al kilometraje recorrido y al motor. El kilometraje varía debido a que no se tienen rutas fijas, los puntos de distribución son distintos, incluso para un mismo cliente. Por tanto, se tiene que el servicio menor debe proporcionarse cada 5 000 km para vehículos de gasolina y cada 3 000 para vehículos de diesel. El servicio mayor para vehículos de gasolina se realiza cada 15 000 km, para vehículos diesel cada 9 000 km y para vehículos pesados el servicio mayor se realiza cada 15 000 km.

Si un vehículo no alcanza el kilometraje establecido para servicio en 6 meses, de igual manera se le debe realizar; por lo que también es necesario incluir en la programación la revisión periódica del estado del equipo y programar su mantenimiento.

2.2.7.7. Cronograma de mantenimiento

El cronograma de mantenimiento lo elabora el jefe de mantenimiento, debe presentarlo el primer día hábil del mes, para que sea aprobado y coordinar las actividades con los técnicos a quienes se les ha de asignar dichas tareas. Los materiales que se requieran para los mantenimientos programados deben estar siempre disponibles para lograr su cumplimiento.

En la siguiente tabla, se muestra el cronograma de mantenimiento para el equipo de producción presentado para el primer mes de ejecución.

Tabla XVI. **Cronograma de mantenimiento preventivo para equipo de producción**

Cronograma de mantenimiento equipo de producción							
Núm.	Nombre del equipo	Código	Área	Semana			
				1	2	3	4
1	Cortadora de banco 230 mm	CT1	A	I	RM, RE		
2	Cortadora de banco 230 mm	CT2	A	I	RM, RE		
3	Cortadora de banco 230 mm	CT3	E		I	RM, RE	
4	Cortadora de banco 230 mm	CT4	E		I	RM, RE	
5	Cortadora de banco 230 mm	CT5	E		I	RM, RE	
6	Cortadora de banco 230 mm	CT6	E		I	RM, RE	
7	Cortadora de banco 230 mm	CT7	E		I	RM, RE	
8	Cortadora de banco 230 mm	CT8	E		I	RM, RE	
9	Cortadora de banco 230 mm	CT9	E		I	RM, RE	
10	Cortadora de banco 230 mm	CT10	E		I	RM, RE	
11	Mesa vibratoria	Mvibr	A	I	RM, RE		
12	Pulidora Rotativa	Pul R	B	I	RM, RE		
13	Pulidora lineal 3 cabezas	Pul L	B	I	RM, RE		
14	Prensa rotativa semiautomática	PreR	B	I	RM, RE		
15	Mezcladora de tambor	Mez-1	B	I	RM, RE		
16	Mezcladora de tambor	Mez-2	B	I	RM, RE		
17	Motor detroit generador	Gen-1	C	I	RM, RE		
18	Generador eléctrico	Gen-2	C	I	RM, RE		
19	Telar de 15 sierras	Telar	D		I		
20	Trituradora de quijada	Trit-1	C	I	RM, RE		
21	Clasificadora de triturados	Trit-2	C	I	RM, RE		
22	Lijadora de baldosas	Lij	A	I	RM, RE		
23	Cortadora de puente 1 700 mm	CTP	D		I	RM, RE	
24	Sisadora para piedra 230 mm	Sis-1	E		I	RM, RE, LG	
25	Sisadora para piedra 230 mm	Sis-2	E		I	RM, RE, LG	
26	Tronzadora de hidráulica	Tronz	E		I	RH	
27	Compresor	Compr-1	B	I	RM, RE		
28	Compresor	Compr-2	B	I	RM, RE		
29	Prensa hidráulica	PreH	T			I	RH
30	Torno de 1 m entre puntos	Tr-1	T			I	RM, RE, Rel
31	Torno de 2,5 m entre puntos	Tr-2	T			I	RM, RE, Rel
32	Soldadura eléctrica estacionaria	Sol-1	T			I	RM, RE
33	Soldadura eléctrica estacionaria	Sol-2	T			I	RM, RE
34	Soldadura con generador	Sol-3	T			I	RM, RE
35	Taladro de pedestal	Tal	T			I	RM, RE
36	Cortadora de plasma 3/4	Plasma	T			I	RM, RE
Simbología							
RM= revisión mecánica			I= inspección general			Elaborado por:	
RE= revisión eléctrica			LG= lubricación general			Fecha:	
Rel= revisión electrónica			LP= lubricación de piezas				
RH= revisión hidráulica			CF= cambio de fajas			Fecha:	
RN= revisión neumática			CP= cambio de piezas				

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Registro de gastos mensuales

Los gastos mensuales de mantenimiento eran reportados por los técnicos al gerente general; sin embargo, se estima que el gerente de mantenimiento es quién deben realizar un reporte mensual de gastos al gerente financiero y al gerente general.

Además, el gerente de mantenimiento debe crear un registro de dichos reportes que esté disponible para todo aquel que desee consultar los gastos en los que se incurre para proporcionar el mantenimiento adecuado a las máquinas, equipos e instalaciones de toda la planta.

El reporte debe contener, como mínimo, la siguiente información: nombre de quien elabora el reporte, período que reporta, descripción de la actividad que origina el gasto, detalle de los elementos comprados o de los servicios contratados, monto de cada ítem, número de factura que respalde el pago y el monto total de los gastos del mes.

Tabla XVII. **Ejemplo de registro de gastos**

Registro de gastos mes de octubre 2017					
Elaboración: jefe de mantenimiento					
Fecha	Equipo	Descripción	Insumo	Monto	Factura/proveedor
1	CT5	Cambio de faja	Faja BX 38	Q 60,00	C-1565 Auto Ordoñez
1	Todos	Equipo oxicorte	Oxigeno	Q 375,00	315 Talleres de León
1	Todos	Soldadura eléctrica	Electrodo 7018	Q 700,00	B-165588 Solarsa
Total del mes				Q 1 135,00	

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Existencia de repuestos

Se procede a realizar una inspección en bodega, en donde se encuentran los repuestos y materiales que se enlistan en la tabla presentada a continuación:

Tabla XVIII. Existencia de repuestos y materiales en bodega

Stock en bodega		
Cantidad	Dimensión	Descripción
10	Unidades	Cojinete 6007
10	Unidades	Cojinete 6203
2	Unidades	Fajas Bx-38
3	Unidades	Graseras 3/8 cañería
1	Tonel	Aceite ISO 68
1	Tonel	Aceite IS w - 40
5	Galones	Aceite 80 w – 90
5	Galones	Grasa #2
5	Galones	Motor trifásico 3 hp
3	Unidades	Remaches 3/16 * 1
100	Unidades	Switch térmica 2 líneas 30 A

Fuente: elaboración propia.

La existencia de repuestos es muy limitada debido a que en su mayoría son muy comerciales y se encuentran en ventas de repuestos o aceiteras muy cerca de la planta, por lo que no es necesario generar un costo de *stock*. Excepto cuando se obtienen descuentos por volumen de compra o cuando el repuesto es de difícil disponibilidad en el mercado.

Además de lo que actualmente se tienen en el *stock* de repuestos, se propone tener los siguientes insumos de alto consumo y los cuales al comprar por mayor se puede obtener un ahorro significativo.

Tabla XIX. **Sugerencia para bodega**

Insumos y repuestos sugeridos para bodega			
Cantidad	Descripción	Costo normal	Costo por mayor
50	Lb de electrodo 6113	Q 650,00	Q 450,00
20	Lb de electrodo 7018	Q 270,00	Q 180,00
15	Discos pulidora corte 9"	Q 405,00	Q 300,00
15	Disco pulidora desbaste 9"	Q 405,00	Q 300,00
300	Discos de diamante 9"	Q 25 500,00	Q 20 400,00

Fuente elaboración propia.

2.2.10. Indicadores

Entre los indicadores del grado de cumplimiento del plan de mantenimiento propuesto son los siguientes:

- Reducción de los paros no programados
- Diminución de tiempos de mantenimiento

Lamentablemente no se tienen registros de mantenimiento previo a iniciar este proyecto, al igual que registros de producción por lo que se elabora un registro de paros no programados en la línea de corte de Morlon aserrado durante el mes de septiembre, antes de empezar a implementar el plan de mantenimiento.

Tabla XX. **Control de paros no programados en la línea de Morlon aserrado, RODMOSA, mes de septiembre**

Paros no programados Línea de corte de Morlon aserrado Septiembre			
Día	Motivo del paro	Maquina	Tiempo de paro
2	Se rompe faja	CT8	45 min
5	Cojinetes del eje en mal estado	CT5	5 horas
6	Ruedas de carro porta piedra en mal estado	CT5	8 horas
9	Cojinete balancín #3 se arruina	Telar	16 horas
9	Se rompe faja	CT3	30 min
13	Switch arrancador se funde	CT5	30 min
15	Desajuste en volante	Telar	13 horas
16	Sobrecalentamiento de tablero eléctrico	CT3-10	3 horas
19	Filtros de diésel del generador sucios	Gen-1	2 horas
21	Montacargas no arranca, batería baja carga	MtC-2	25 min
25	Cojinete de eje en mal estado	CT8	5 horas
28	Bomba de agua se daña	CT1,2	3 horas

Fuente: elaboración propia.

Al analizar la información de la tabla se puede observar que los paros se deben a que no se hace una revisión periódica de los equipos, no se les da mantenimiento adecuado y en ocasiones se empieza a laborar con piezas ya dañadas. Por otro lado, el tiempo en que se repara la máquina incluye el tiempo en el que se tiene que conseguir el repuesto que, aunque se consiguen fácilmente, incurre en un tiempo aproximado de 15 a 60 minutos.

En el caso de las cortadoras CT, siempre hay 2 o 3 máquinas en espera por falta de demanda, las cuales por no estar en uso les hacen falta piezas; parte de las sugerencias, es mantenerlas en óptimas condiciones para responder en caso de que una de las máquinas que esté en uso falle inesperadamente o cuando se le programa mantenimiento.

Tabla XXI. **Control de paros no programados en la línea de Morlon aserrado, RODMOSA, mes de octubre**

Paros no programados Línea de corte de Morlon aserrado Octubre			
Día	Motivo del paro	Maquina	Tiempo de paro
2	Tensor de sierras dañado por mal uso	Telar	45 min
7	Switch dañado por sobrecalentamiento	CT1	30 min
13	Mal ajuste de tensión de cuchillas	Telar	2 horas
18	Desajuste de cono balancín 1 eje superior	Telar	5 horas
20	Sobrecalentamiento den líneas de electricidad	CT3-10	1 hora
28	Eje porta disco dañado (se cambia de maquina al operador)	CT-4	20 min

Fuente: elaboración propia.

Se logra observar una disminución en los paros de producción no programados, con respecto a los tiempos de mantenimiento; también, se observa una disminución debido a que se logra detectar las piezas que ya cumplieron con su tiempo de vida, para las cuales se puede programar su mantenimiento con anticipación y los repuestos se tienen a la mano en el momento de ejecutarlo.

- Maximización de la vida útil de la maquinaria: este indicador es a largo plazo, pero sus logros se empiezan a ver a corto y mediano plazo, solo con el hecho de disminuir el número de averías se puede validar que la máquina empieza a operar en mejores condiciones a las que normalmente se trabajaba por lo que se puede esperar que la vida útil del equipo se alargue.

- Reducción de los costos del siguiente trimestre: para verificar este indicador, se debe recurrir a los costos reportados de los dos trimestres en cuestión.

2.2.11. Costos de mantenimiento

Las acciones realizadas para la conservación o restauración de un elemento, a un estado específico, tienen un precio. El precio pagado por concepto de dichas acciones, es lo que se define como costo de mantenimiento.

Si se compara el costo total de mantenimiento del trimestre anterior con los que se presentan en la siguiente tabla, se puede observar que los costos de mantenimiento han disminuido 5,6 % que representa un monto de Q. 5 608,70. En la siguiente tabla se presenta el reporte de costos de mantenimiento en los que se ha incurrido del 16 de agosto al 15 de noviembre.

Tabla XXII. **Nuevo reporte de costos**

Reporte 16 de agosto al 15 de noviembre	
Descripción	Total
Repuestos	
Mangueras	Q 9 962,03
Llantas	Q 14 200,00
Tornillos, tuercas, brocas, entre otros	Q 2 522,80
Repuestos varios	Q 19 396,37
Filtros, fajas, retenedores, entre otros	Q 8 035,00
Insumos	
Insumo de electrodo	Q 1 626,00
Aceite	Q 8 225,00

Continuación de la tabla XXII.

Subcontratación			
Reparaciones externas		Q	3 720,00
Reparaciones eléctricas		Q	1 985,00
Mano de obra			
Sueldos		Q	25 173,00
	Total	Q	94 845,20

Fuente: elaboración propia.

Aunque las acciones de mantenimiento preventivo programado parecieran incrementar los costos, en realidad lo disminuye. Un ejemplo de ello es la compra de mangueras para cambios preventivos que ha incrementado en relación al trimestre anterior en Q 1 686,28; pero esto ha permitido disminuir la compra de aceite que se desperdiciaba en fugas que representa un monto total de Q 5 775,00; se obtiene un ahorro total de Q 4 088,72.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: MEJORA DE PRODUCTIVIDAD

Es importante estudiar los procesos productivos, para identificar las oportunidades de mejora, que reduzcan la cantidad de recursos empleados en la producción de cierta cantidad de elementos, aumentar la cantidad de elementos elaborados con la misma cantidad de recursos, o lo que es aún mejor, disminuir la cantidad de recursos empleados para producir una mayor cantidad de elementos.

Cuando se plantea mejorar la productividad, no siempre es necesaria una inversión de grandes magnitudes o cambios drásticos en los procesos; no obstante, es preciso que el encargado de implementar las mejoras esté preparado para enfrentar diversos inconvenientes.

Algunos de estos inconvenientes, puede ser la resistencia al cambio, la falta de responsabilidad y el compromiso por parte del personal, así como el rechazo a la inversión, por parte de los directivos o de la gerencia.

Para RODMOSA, la prioridad ha sido proveer a sus clientes productos personalizados y de alta calidad; sin embargo, el tiempo de entrega es mayor a lo que espera el cliente promedio. Por esto se propone estudiar la situación actual de la empresa en cuanto a procesos productivos, para realizar una mejora significativa con el mínimo de inversión.

Aunque la empresa promueve la mejora continua, también tiene un presupuesto limitado para inversiones, debiendo aprovechar al máximo los recursos disponibles, que es lo que se busca con la mejora propuesta.

3.1. Situación actual de la empresa

Para determinar cuál es la situación actual de la empresa primero se elaboran diagramas que permiten conocer como es la distribución de la planta, para luego observar los procesos con los cuales se pueda identificar puntos de mejora, definir la productividad y eficiencia, así como analizar su ergonomía.

Al observar los procesos para la fabricación de los diversos productos de RODMOSA, el estudio se centra en el proceso de elaboración de piedra aserrada por ser en la que se identifican necesidades de mejora.

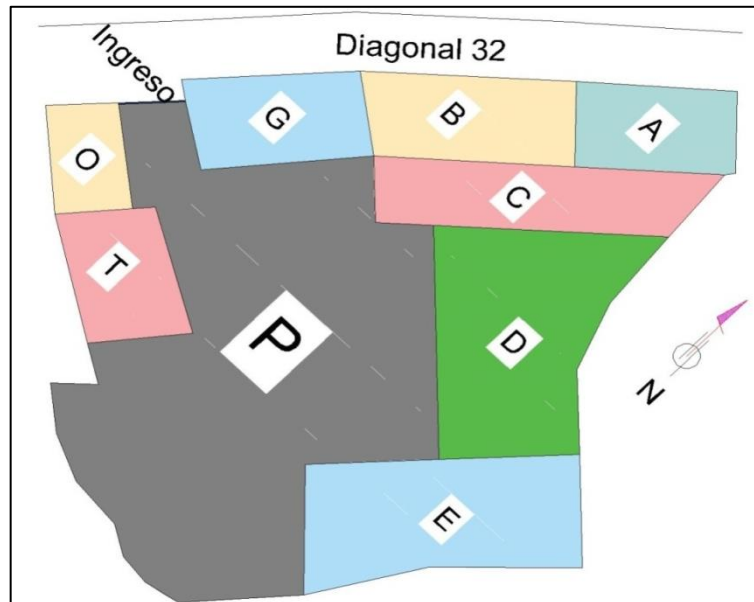
3.1.1. Diagrama de distribución en planta

La planta matriz cuenta con una guardianía en la entrada, para seguridad de los empleados, de los clientes que ingresan a las instalaciones, así como para la empresa misma. Hay un área de oficinas y bodega asignados para la administración, atención a clientes y almacenamiento de repuestos y materiales de mantenimiento.

Para las diversas operaciones de producción se tienen destinadas cinco áreas distintas, en las cuales se distribuye la maquinaria y el equipo; también, se tiene dispuesta un área para mantenimientos delicados.

Una de las áreas que ocupa mayor espacio, es el del patio, por ser lugar de carga y descarga de productos y materias primas, en algunas ocasiones sirve de bodega, esto es normal cuando el producto terminado ocupa espacios grandes.

Figura 12. **Distribución física de la planta**



Fuente: elaboración propia.

La simbología empleada en la figura anterior es descrita en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla XXIII. **Descripción de áreas físicas de la empresa**

Nombre	Código	Descripción
Apoyo variable	A	Área modulable para fabricación de productos y procesos especiales
Terrazos y baldosas	B	Área de prefabricados de concreto
Trituración y generación de energía	C	En esta área se ubica la distribución central de energía, generador y equipo de trituración para materias primas
Laminado de piedra	D	Área especial para corte de piedras en tamaños grandes
Cortes varios	E	Área de corte para las áreas previas
Patio	P	Lugar de almacenaje, parqueo, mantenimientos, entre otros
Taller	T	Lugar destinado a mantenimientos delicados
Oficinas y bodegas	O	Área administrativa, ventas y almacenamiento
Guardiania	G	Área donde se ubica el personal de seguridad

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Estudio de tiempos

Se observa el proceso y se cronometra el tiempo de cada operación, por lo que se realizan 10 mediciones presentadas ordenadamente en la siguiente tabla. Con estos datos se determina el tiempo normal de operación, que al sumarle el tiempo suplementario, permite calcular el tiempo estándar.

Tabla XXIV. Estudio de tiempos

Operación		Mediciones (min)										Tiempo normal	Tiempo suple	Tiempo estándar
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Traslado de BMP al área de corte primario	2.60	3.00	2.00	1.81	1.70	2.00	1.71	1.60	2.00	1.60	2.00	0.30	2.30
2	Colocar piedra	18.00	17.60	20.00	24.70	19.00	19.50	22.00	23.00	16.50	19.70	20.00	3.00	23.00
3	Enganchar piedra	15.70	16.50	14.30	14.50	15.30	14.30	16.00	15.20	14.40	13.80	15.00	0.75	15.75
4	Alinear Sierras	4.30	5.20	4.80	5.90	4.90	4.90	5.30	5.20	4.50	5.00	5.00	0.25	5.25
5	Corte primario con máquina programada	65.00	63.00	55.00	45.00	72.00	68.00	65.00	48.00	54.00	65.00	60.00	4.50	64.50
6	Apilado de piedra corte primario	32.00	31.00	28.00	29.00	33.00	31.00	31.00	28.00	28.00	29.00	30.00	4.80	34.80
7	Traslado de corte primario a corte secundario	2.90	2.80	3.20	3.30	2.90	2.50	2.80	3.30	3.20	3.10	3.00	0.15	3.15
8	Corte secundario, 3 máquinas manuales	63.00	74.00	65.00	58.00	57.00	55.00	56.00	58.00	58.00	56.00	60.00	11.70	71.70
9	Apilado de piedra corte secundario	4.80	5.30	5.30	5.20	5.30	4.80	4.90	5.30	4.60	4.50	5.00	0.80	5.80
10	Traslado a BPT	6.30	6.40	6.40	6.80	5.30	5.40	5.80	6.50	5.60	5.50	6.00	0.30	6.30
Suplementos considerados		Suplementos por operación										Tiempo total de operación		
1	Necesidades personales	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	232.55 minutos	
2	Trabajar de pie	2.0%								2.0%				
3	Postura anormal	1.0%						1.0%			1.0%			
4	Levantamiento de pesos	10.0%	10.0%	10.0%				10.0%		10.0%	10.0%			
5	Tensión auditiva	2.5%					2.5%			2.5%				
Total de suplementos en porcentaje		15.0%	15.0%	5.0%	5.0%	7.5%	16.0%	5.0%	19.5%	16.0%	5.0%			

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, se toman en consideración los suplementos específicos para cada operación, con lo cual se ha establecido el tiempo suplementario para calcular el tiempo estándar, no solo de cada operación sino de todo el proceso. El tiempo estándar del proceso es de 232,55 minutos, es decir, tres horas con cincuenta y dos minutos en total.

3.1.3. Diagrama de operaciones del proceso

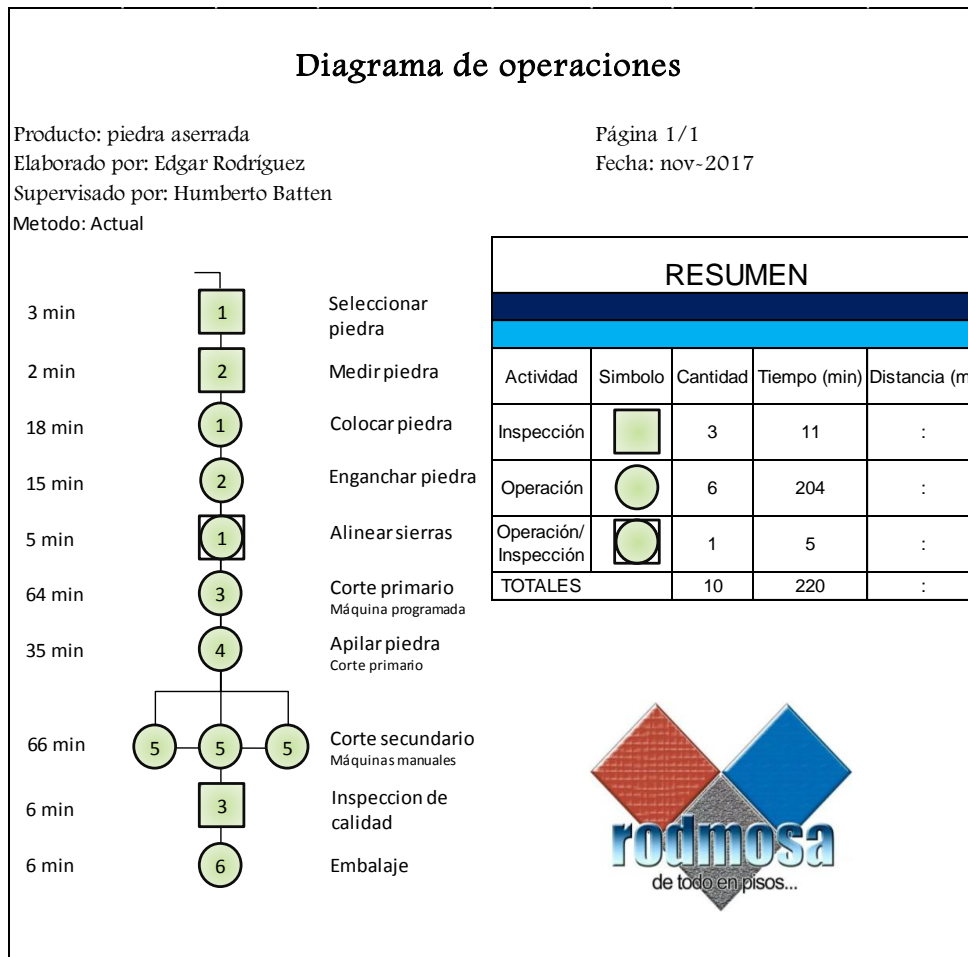
La piedra aserrada es un producto que se puede personalizar, en cuanto al tamaño, la forma y textura; esto implica que para cada pedido las operaciones en el proceso pueden variar para cumplir con las especificaciones que el producto requiere. Para la producción de Morlon aserrado las operaciones son las siguientes.

- Colocar piedra: se coloca la piedra en la máquina de corte primario con la ayuda de un montacargas.
- Enganchar piedra: se asegura la piedra en la máquina, ajustándola con un mecanismo de sujeción.
- Alinear sierras: de acuerdo al tamaño y forma de la piedra en corte, así se alinean las sierras por medio de un carrete.
- Corte primario: se calibra la máquina para realizar el corte, verificando el flujo de agua y cualquier anomalía en el proceso de corte.
- Apilado: puede realizarse por un solo operario, pero dependiendo de la cantidad o dimensión de la placa, se pueden requerir dos personas para el trabajo.
- Corte secundario: para este corte se utilizan 3 máquinas manuales y 3 operarios quienes deben verificar las dimensiones del producto antes de hacer el corte. En este proceso se genera mucho desperdicio, debido a que la precisión de la máquina de corte, depende de la precisión del

operario al manipular la pieza, por esto el margen de corte que se deja es bastante amplio.

- Apilado: cada operador se encarga de apilar sus piezas en tarimas para transportarlo al área de producto terminado.

Figura 13. Diagrama de operaciones del proceso



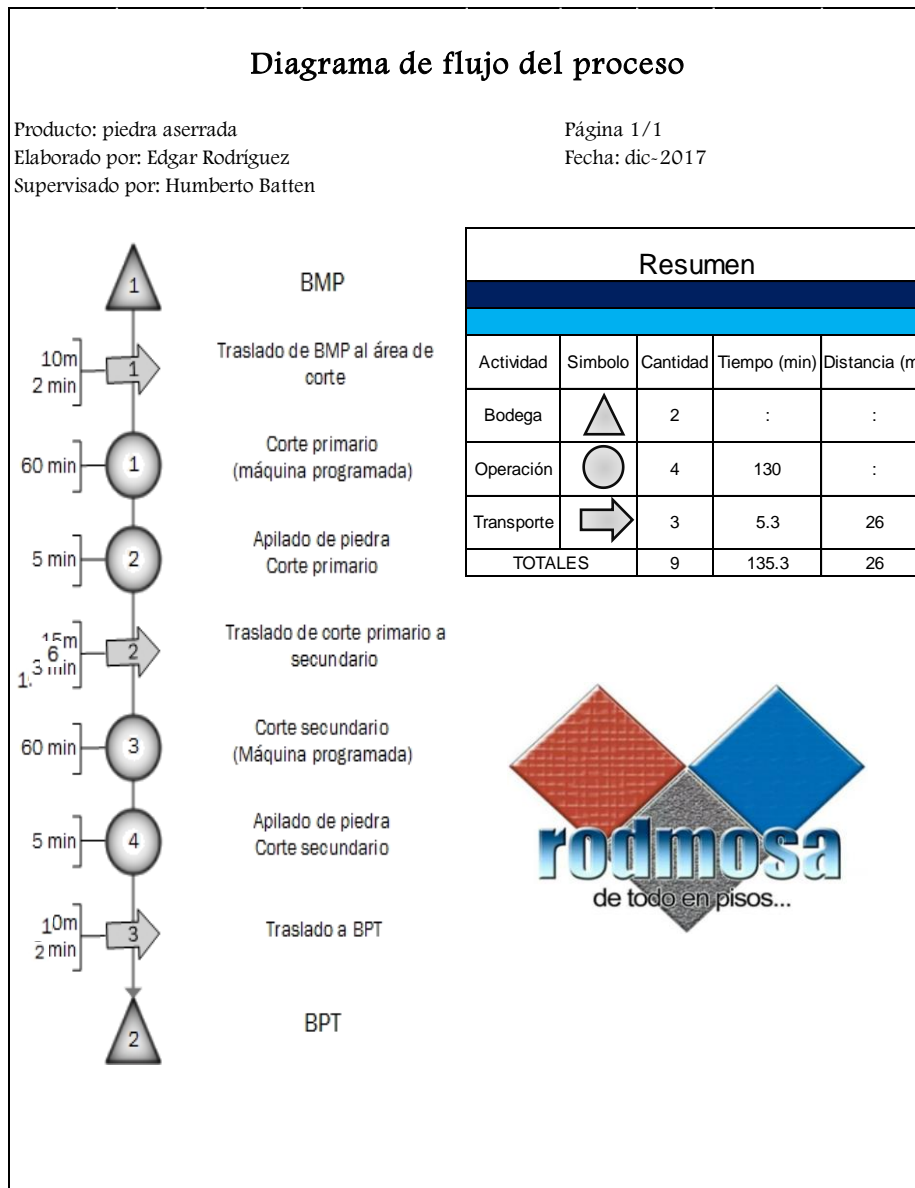
Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Diagrama de flujo del proceso

Para realizar este diagrama, es necesario conocer el proceso productivo de la piedra aserrada; después de observarlo se puede describir de la siguiente manera:

- La materia prima se encuentra en el patio y es trasladada a través de equipo especial de carga hasta la máquina de corte primario.
- Un operador prepara la máquina de corte primario, recibe la materia prima y con ayuda de otro operario posicionan el elemento de corte donde corresponde, asegurándola con el equipo adecuado. La máquina tiene capacidad de sacar aproximadamente 25 m² cada 8 horas.
- El apilado de piedra resultante del corte primario es realizado por el operador de la máquina, aunque dependiendo del tamaño de la producción, hay ocasiones en los que se asigna a otra persona para realizar dicha tarea, quien también se encarga de transportarlo al área donde se encuentran las máquinas para el corte secundario.
- La capacidad de corte de las máquinas de corte secundario es la tercera parte de la capacidad de la máquina de corte primario, por lo que para balancear la línea de producción, es necesario que trabajen tres máquinas de corte secundario manual, simultáneamente. El apilado del producto está a cargo de los operadores y dependiendo de la carga también puede asignarse a un ayudante para esta tarea y para que lo traslade al área donde se ha de almacenar.

Figura 14. Diagrama de flujo de proceso de Morlon aserrado



Fuente: elaboración propia.

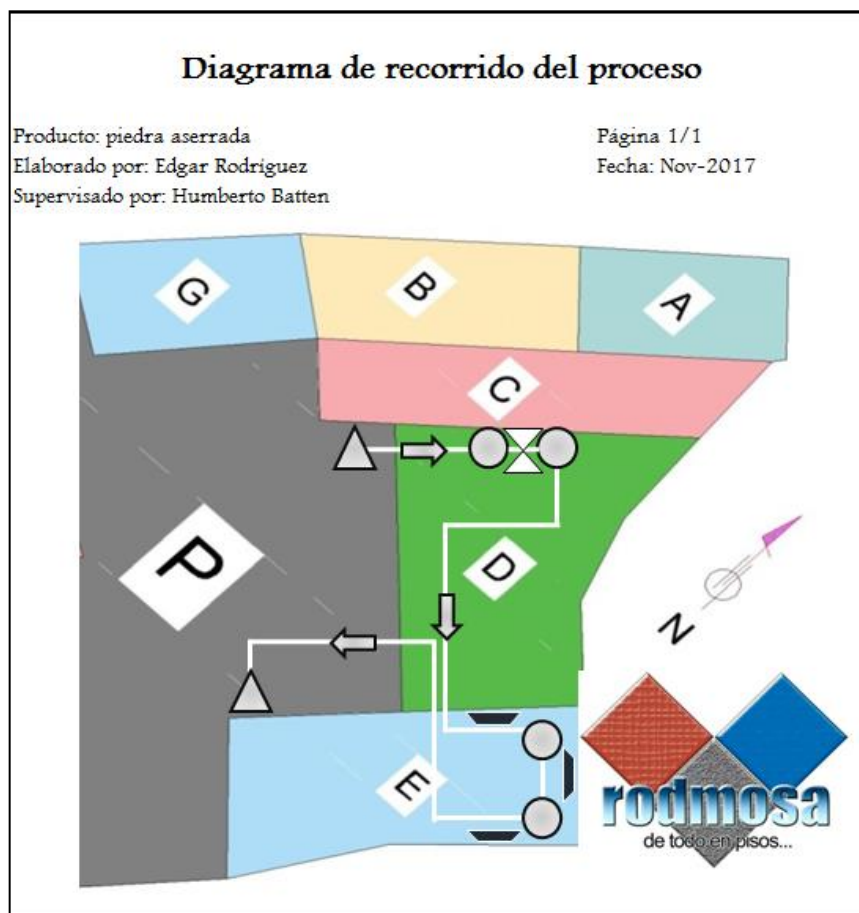
Con base en el diagrama presentado en la figura anterior, para la elaboración de seis metros cuadrados de piedra aserrada, se necesita de

7 operarios y el proceso dura aproximadamente tres horas con cincuenta y dos minutos, recorriendo cincuenta y cinco metros dentro de la planta.

3.1.5. Diagrama de recorrido

El diagrama muestra el recorrido de la materia prima durante su proceso de transformación, dentro de las instalaciones de la empresa.

Figura 15. Diagrama de recorrido inicial



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se observa que las bodegas son parte del patio, esto sucede porque la materia prima para este proceso son piedras de gran magnitud que dificultan su almacenamiento y movilización en espacios cerrados.

La distribución puede variar dependiendo del producto que se va a elaborar y de la maquinaria más pesada e inamovible que esté involucrado en el proceso. Para el trabajo de piedra aserrada, se utiliza una máquina de corte primario programable y tres máquinas de corte secundario manual.

3.1.6. Productividad y eficiencia

La productividad y eficiencia son indicadores utilizados comúnmente por los gerentes y jefes de producción para el control de procesos, recursos y desempeño de trabajadores, entre otros. Las fórmulas que se utilizarán para el cálculo de productividad y la eficiencia del proceso de piedra aserrada se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XXV. Productividad y eficiencia inicial

Fórmula	Descripción	Cálculo
$IP = \frac{\text{Ventas}}{\text{Recurso utilizado}}$	Índice de productividad	1,81
$IPMO = \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Tiempo empleado en la fabricación} * \text{número de operarios}} * 100$	Índice de productividad de mano de obra	36,48 %
$E = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción esperada}} * 100$	Eficiencia	81,7 %

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos realizados en la tabla anterior, se tiene una productividad de 1,81 que indica que por cada unidad monetaria invertida en el

proceso de fabricación de piedra aserrada en general se obtiene 1,81 unidades monerías de ganancia. Se obtiene 36,48 % de productividad en la mano de obra utilizada en dicho proceso y aunque es un porcentaje bajo, debe tomarse en cuenta el tipo de materias primas que se han de manipular que puede afectar su productividad; de igual forma es un punto en la que puede buscarse mejoría.

Tabla XXVI. **Datos tomados en campo**

Datos para cálculos	
Tiempo de producción inicial para 6 metros cuadrados	2,35 horas
Total de producción inicial en 8 horas de trabajo	20,43 m ²
Producción esperada = capacidad de las máquinas	25 m ² / 8h
Costo de materia prima	Q 15 000,00
Costo de insumos	Q 19 600,00
Mano de obra total en el proceso	Q 23 500,00
2 ayudantes	Q 6 000,00
1 operador montacargas	Q 3 000,00
3 operadores de cortadoras secundarias manuales	Q 10 500,00
1 operador de cortadora primaria	Q 4 000,00
Número total de operadores	7

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la eficiencia en el proceso, se ha calculado que es de 81,7 % lo cual es bastante aceptable, pero también es un punto en el proceso en el cual se puede buscar mejoría.

Tabla XXVII. Cálculos de índices conforme tabla XVI

Cálculo de productividad	
Recursos utilizados	Q 58 100,00
Ventas	Q 105 000,00
Índice de productividad	Q 1,81
Cálculo de productividad de MO	
Total producido (m ²)	20,43
Tiempo empleado en la fabricación (h)	8,00
Numero de operarios	7,00
Productividad MO inicial	36,48
Cálculo de eficiencia	
Total producido (m ²)	20,43
Producción esperada (m ²)	25,00
Eficiencia	81,72

Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Análisis de ergonomía

En el proceso de elaboración de piedra aserrada, se ha estudiado que las máquinas sean las adecuadas, que la materia prima sea de calidad, pero también es necesario analizar el confort de los trabajadores para que su desempeño sea eficiente, sin ponerlo en riesgo. Por este motivo se realiza un análisis de ergonomía dividido en dos fases, basados en el diagrama de flujo del proceso, de la siguiente manera.

- Fase 1, corte primario: se inicia desde que se transporta la materia prima del patio a la máquina de corte, que termina en el apilado de placas. Los principales factores a evaluar son el tamaño, el peso y la textura de la materia prima.

- El transporte se realiza por medio de un montacargas que, aun con pesos y tamaños variados, es fácil de maniobrar y no representa ningún riesgo para la salud de quien lo opera, si es utilizado correctamente.
- El posicionamiento en la máquina de corte lo realiza el operador del montacargas, el operario de la máquina y dependiendo del tamaño y peso de la pieza también se incluye a un ayudante, todos con su equipo de protección individual, que incluye casco, botas con punta de acero, cinturones de carga y guantes.
- Durante el corte, únicamente el operador es quien está en el mando de la máquina controlando que el proceso se realice conforme a lo esperado, no se observa ningún riesgo ni incomodidad.
- Para el apilado de placas, el operador y el ayudante también usan su equipo de protección individual mencionado en el segundo punto, más lentes para la protección de ojos. Se observa que la posición de los operarios durante la movilización de placas no representa riesgo a su salud y es adecuada conforme a las especificaciones de levantamiento de cargas.
- Fase 2, corte secundario: inicia desde que se transporta la tarima con placas apiladas del área de corte primario, al área de corte secundario y termina hasta que el producto se transporta al lugar destinado para su almacenamiento.

- El transporte de la tarima con placas apiladas se realiza por medio de un montacargas y no representa ningún riesgo para el operador.
- Las placas son posicionadas por operarios quienes deben realizar el corte con máquina manual. Se observa que el operador posee su equipo de protección individual correspondiente; sin embargo, pasan todo el día de pie en la misma posición para lograr la precisión en el corte de las piezas.
- El apilado de las piezas puede ser realizado por cada operador o, dependiendo de la programación, cada cierto tiempo llega un ayudante para apilar las piezas de los tres operadores y retira la tarima con un montacargas para transportarlo al lugar donde se ha de almacenar hasta su entrega. Estos utilizan el equipo de protección individual correspondiente y durante estas operaciones no se observa ningún riesgo a su seguridad o confort.

3.2. Propuesta mejorada

De acuerdo al estudio de las condiciones en las cuales se desarrolla el proceso de elaboración de piedra aserrada en la planta matriz de RODMOSA, se presenta la siguiente propuesta:

- Realizar el corte secundario en la máquina de disco tipo puente de 18 pulgadas, marca Universal que se acaba de adquirir. Originalmente, esta máquina se compró para realizar corte primario, pero su capacidad de corte es de hasta 5 m² cada 8 horas en corte primario, lo cual es bastante lento; sin embargo, la capacidad de corte secundario es de

25 m² cada 8 horas lo que permitiría sustituir el corte secundario en tres máquinas manuales y obtener las siguientes ventajas:

- Reduce la cantidad del recurso humano necesario para el proceso de elaboración de piedra aserrada.
- Aumenta la precisión de corte y mejora la calidad del producto final, que disminuye la probabilidad de reclamos por productos defectuosos o insatisfacción del cliente.
- Disminuye la cantidad de desperdicios generados en el corte secundario, debido a que el margen de corte se reduce al mejorar la precisión.
- La distancia total recorrida en metros es menor, lo que reduce el tiempo de fabricación y el riesgo de accidentes durante los recorridos.
- Las máquinas de corte manual, así como el personal, pueden ser aprovechadas para la elaboración de otros productos.
- El costo de producción de piedra aserrada se reduce, al reducir el recurso humano necesario para el proceso y disminuir la cantidad de desperdicios generados.

3.2.1. Mejoras físicas a la planta

En la planta matriz se tienen instalaciones apropiadas y adaptables para las necesidades de producción, lo cual le ha permitido satisfacer la demanda

actual de la empresa. Entre las mejoras físicas que se han realizado a la planta, se tienen las siguientes:

- La instalación de la nueva máquina de corte, la cual se ha colocado en el área de laminado de piedra, tal como se observa en la siguiente figura. Para dicha instalación, se construyeron dos bases de block con cimientos y soleras fundidas de 1,8 m de alto por 3 m de profundidad sobre las cuales se desplaza la máquina que tiene un frente de 4,8 m. El área total de esta estación de trabajo es de aproximadamente 5 x 4 metros que incluye el área de apilado.
- El seccionamiento del área de laminado de piedra. Con la instalación de la nueva máquina se ha logrado delimitar las áreas de corte entre máquinas.

Figura 16. **Instalación de máquina de corte, marca Universal**



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Diagrama de distribución en planta

El diagrama de distribución en planta no se elabora nuevamente, debido a que los cambios realizados no afectan la distribución actual. La empresa ha demostrado gran habilidad para adecuar las instalaciones, la maquinaria, el equipo y su personal, a las necesidades de producción para satisfacer el incremento en la demanda de sus productos.

3.2.3. Estudio de tiempos

Se elabora el nuevo estudio de tiempos solo para las operaciones que se mejoraron, para las demás se toman los mismos tiempos del método actual.

Tabla XXVIII. Nuevo estudio de tiempos

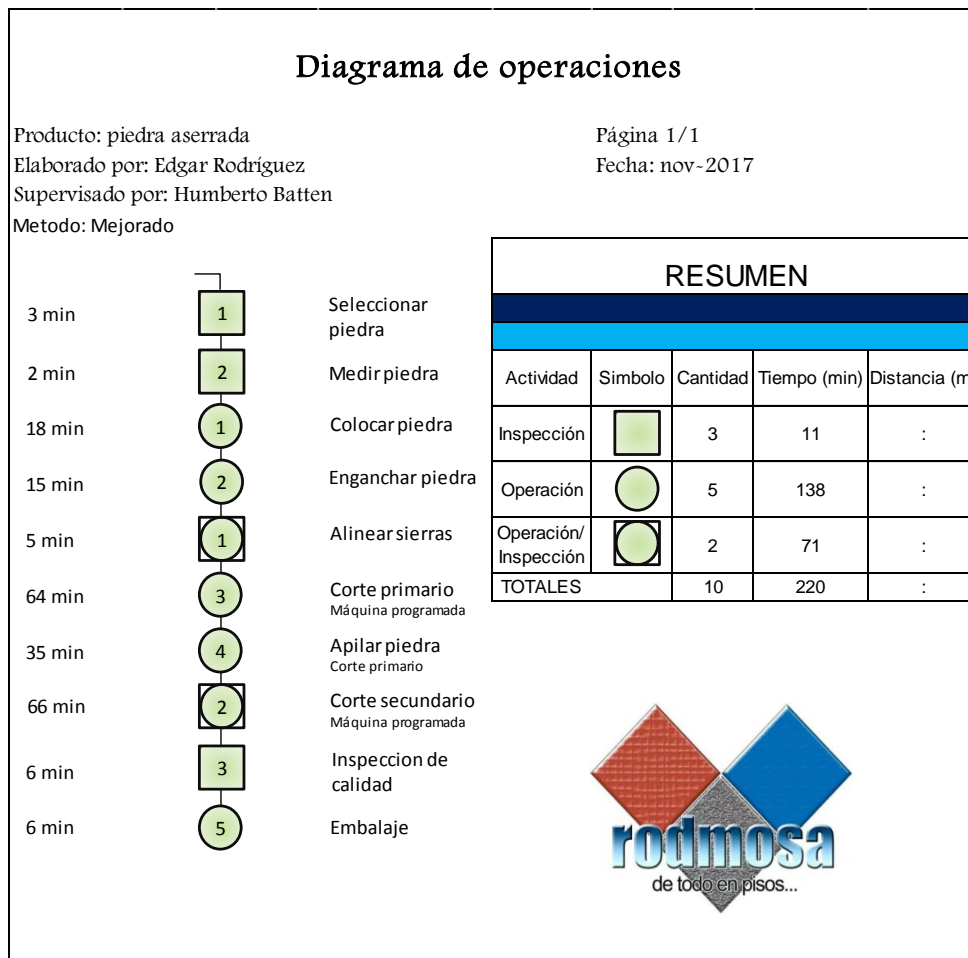
Estudio de tiempos planta RODMOSA													
Línea de producción: Morlon aserrado													
Analista: Edgar Rodríguez													
Fecha: 22/11/2017													
Método: Mejorado													
Operación	Mediciones (min)										Tiempo normal	Tiempo suple	Tiempo estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1 Traslado de BMP al área de corte primario	2.60	3.00	2.00	1.81	1.70	2.00	1.71	1.60	2.00	1.60	2.00	0.30	2.30
2 Colocar piedra	18.00	17.60	20.00	24.70	19.00	19.50	22.00	23.00	16.50	19.70	20.00	3.00	23.00
3 Enganchar piedra	15.70	16.50	14.30	14.50	15.30	14.30	16.00	15.20	14.40	13.80	15.00	0.75	15.75
4 Alinear Sierras	4.30	5.20	4.80	5.90	4.90	4.90	5.30	5.20	4.50	5.00	5.00	0.25	5.25
5 Corte primario con máquina programada	65.00	63.00	55.00	45.00	72.00	68.00	65.00	48.00	54.00	65.00	60.00	4.50	64.50
6 Apilado de piedra corte primario	32.00	31.00	28.00	29.00	33.00	31.00	31.00	28.00	28.00	29.00	30.00	4.80	34.80
7 Traslado de corte primario a corte secundario	1.20	2.00	1.60	1.10	1.20	1.20	1.20	1.00	1.20	1.31	1.30	0.07	1.37
8 Corte secundario, 3 máquinas manuales	63.00	74.00	65.00	58.00	57.00	55.00	56.00	58.00	58.00	56.00	60.00	11.70	71.70
9 Apilado de piedra corte secundario	4.80	5.30	5.30	5.20	5.30	4.80	4.90	5.30	4.60	4.50	5.00	0.80	5.80
10 Traslado a BPT	2.50	2.20	1.80	2.60	1.80	1.60	1.50	2.20	1.70	2.10	2.00	0.10	2.10
Suplementos considerados		Suplementos por operación										Tiempo total de operación	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1 Necesidades personales	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	226.57 minutos	
2 Trabajar de pie	2.0%								2.0%				
3 Postura anormal	1.0%							1.0%		1.0%			
4 Levantamiento de pesos	10.0%	10.0%	10.0%					10.0%		10.0%			
5 Tensión auditiva	2.5%						2.5%						
Total de suplementos en porcentaje		15.0%	15.0%	5.0%	5.0%	7.5%	16.0%	5.0%	19.5%	16.0%	5.0%		

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Diagrama de operaciones del proceso

Este diagrama no tiene cambios significativos en la diagramación, ya que la diferencia radica en el uso de máquina programable para el corte secundario, en lugar de las tres máquinas manuales; pero para efectos de documentación interna, se presenta el diagrama de operaciones que queda en vigencia para RODMOSA.

Figura 17. Nuevo diagrama de operaciones del proceso

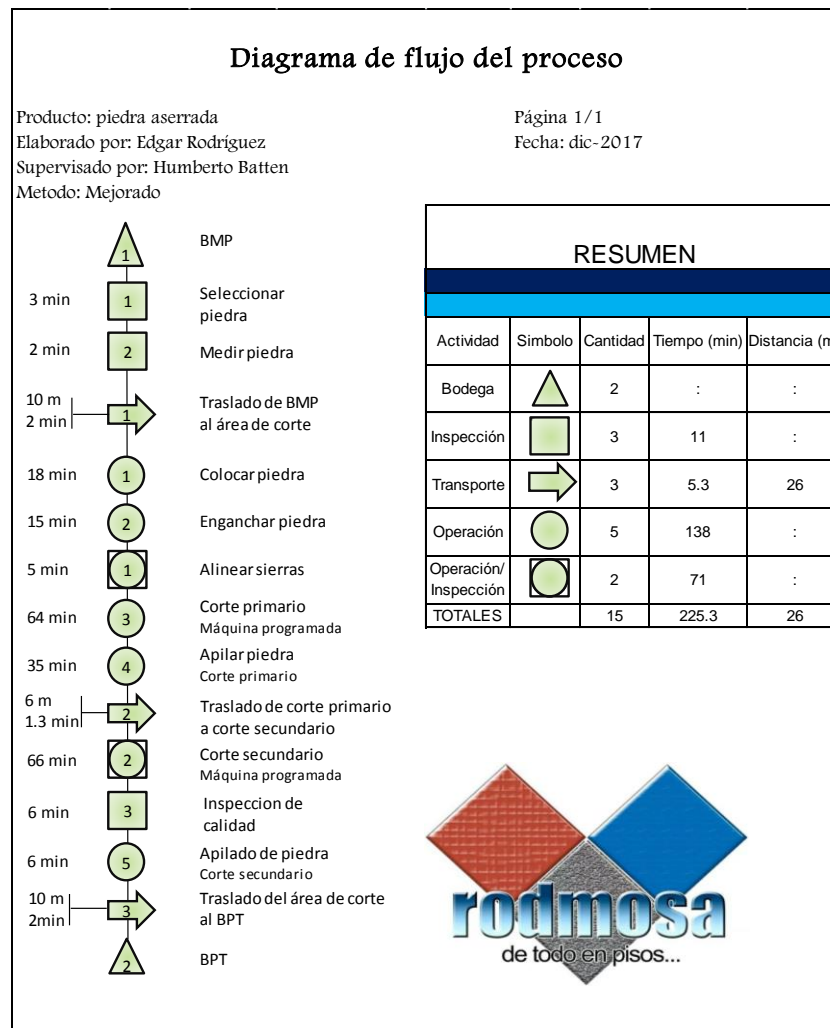


Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Diagrama de flujo del proceso

Aunque los cambios no demuestran una variación en la diagramación del flujo del proceso, si se pueden constatar en el resumen del mismo en cuanto al tiempo y la distancia que recorre el proceso; queda este diagrama en vigencia para fines administrativos internos de la empresa.

Figura 18. Nuevo diagrama de flujo del proceso



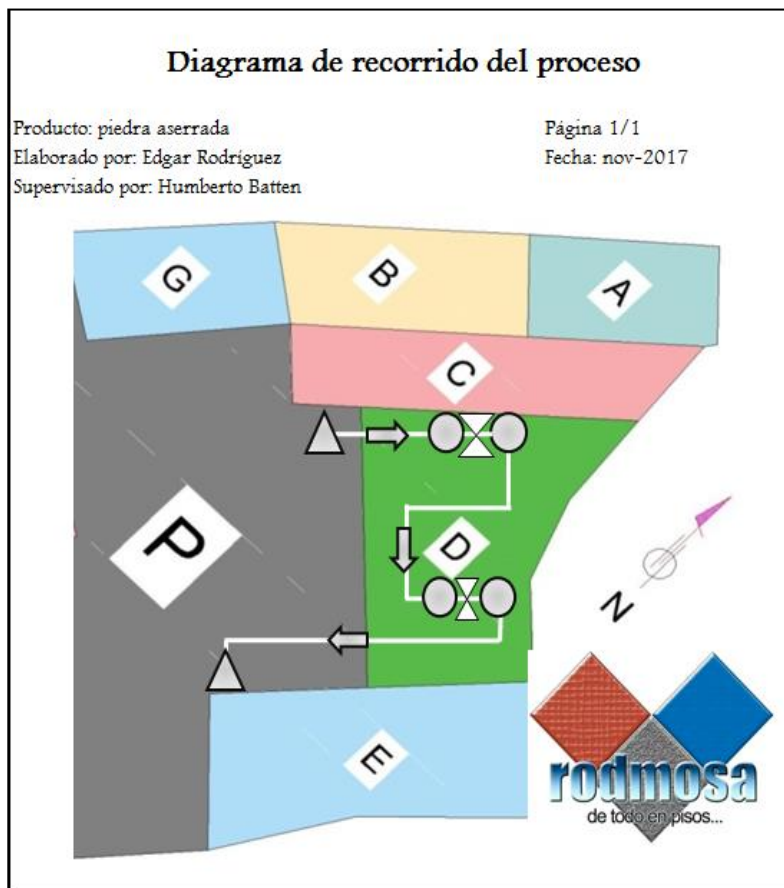
Fuente: elaboración propia.

En general, las mejoras propuestas representan una disminución en el tiempo total del proceso, la distancia que recorre la materia prima durante su transformación y el recurso humano empleado en las operaciones.

3.2.6. Diagrama de recorrido

El nuevo recorrido varía considerablemente, por lo que se realiza nuevamente la diagramación y se presenta a continuación.

Figura 19. Nuevo diagrama de recorrido del proceso



Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Productividad y eficiencia

Con las mejoras propuestas, se utilizan nuevamente las fórmulas para el cálculo de productividad y eficiencia del proceso de piedra aserrada que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XXIX. **Productividad y eficiencia**

Fórmula	Descripción	Cálculo
$IP = \frac{\text{ventas}}{\text{recurso utilizado}}$	Índice de productividad	2,05
$IPMO = \frac{\text{piezas fabricadas}}{\text{tiempo empleado en la fabricación} * \text{número de operarios} * 100}$	Índice de productividad de mano de obra	53,23 %
$E = \frac{\text{producción real}}{\text{producción esperada}} * 100$	Eficiencia	85,2 %

Fuente: elaboración propia.

Como era de esperarse, se puede observar un incremento en todos los cálculos, gracias a las mejoras propuestas e implementadas.

Aunque la eficiencia solo aumentó 3,44 %, la productividad de la mano de obra se incrementa en 16,74 % al utilizar la máquina programada en lugar de tres máquinas manuales; además, el índice de productividad indica que por cada unidad monetaria invertida se pueden obtener 2,05 unidades monetarias de ganancia que aunque pareciera que no es significativo al verlo por unidad, es más notorio al compararlo con el volumen producido de piedra aserrada al mes.

Tabla XXX. **Nuevos datos tomados en campo**

Datos para cálculos	
Tiempo de producción final para 6 metros cuadrados	2,25 horas
Total de producción final en 8 horas de trabajo	21,29 m ²
Producción esperada = capacidad de las máquinas	25 m ² / 8h
Costo de materia prima	Q 15 000,00
Costo de insumos	Q 19 600,00
Mano de obra total en el proceso	Q 16 500,00
2 ayudantes	Q 6 000,00
1 operador montacargas	Q 3 000,00
1 operadores de cortadora secundaria nueva	Q 3 500,00
1 operador de cortadora primaria	Q 4 000,00
Número total de operadores	5

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se pueden validar los cálculos de acuerdo a los índices que se especifican en la tabla XVI del presente documento, para la eficiencia y productividad.

Tabla XXXI. **Nuevos cálculos conforme a los índices de la tabla XVI**

Cálculo de productividad	
Recursos utilizados	Q 51 100,00
Ventas	Q 105 000,00
Índice de productividad	Q 2,05
Cálculo de productividad de MO	
Total producido (m ²)	21,29
Tiempo empleado en la fabricación (hrs)	8,00
Numero de operarios	5,00
Productividad MO inicial	53,23

Continuación de la tabla XXXI.

Cálculo de eficiencia	
Total producido (m ²)	21,29
Producción esperada (m ²)	25,00
Eficiencia	85,16

Fuente: elaboración propia.

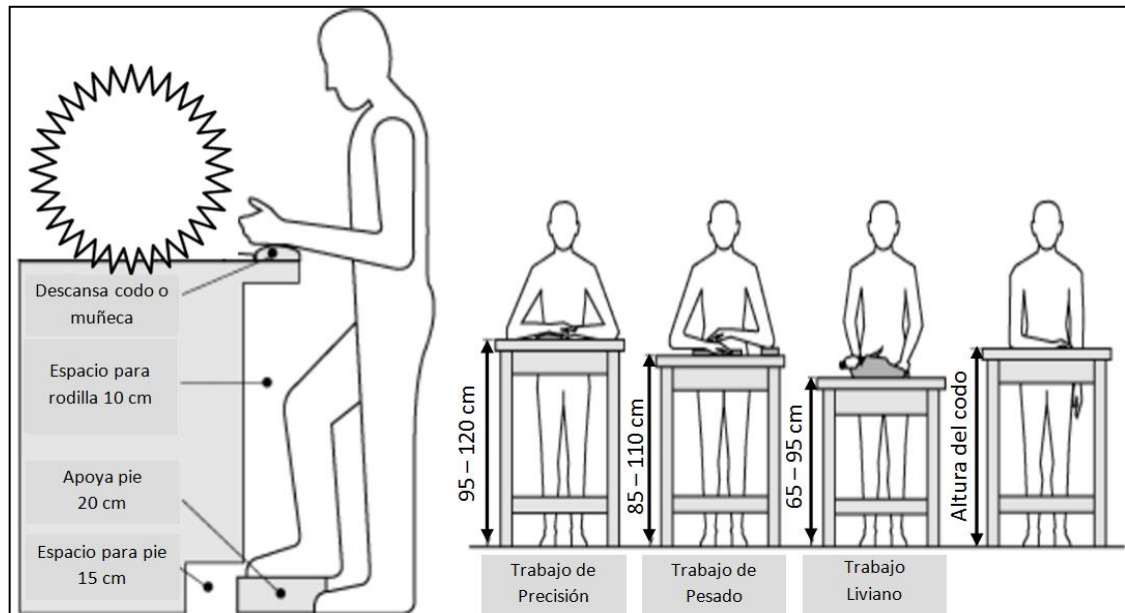
3.2.8. Análisis de ergonomía

De acuerdo al análisis de ergonomía anterior, se realiza un nuevo análisis que permita alcanzar mejoras en el confort de los operarios, que toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Dimensionamiento del puesto: respecto a la facilidad de movimiento y maniobra dentro de las instalaciones no hay mayores recomendaciones. Esto se debe a que cumplen con lo siguiente:
 - Techos altos que cumplen con el arco de manipulación vertical necesario en las operaciones de corte.
 - Pasillos amplios que facilitan las maniobras de transporte interno con montacargas. En este aspecto, solo se recomienda mantenerlos despejados para no obstaculizar o desestabilizar el paso del montacargas.
 - Áreas espaciosas para la manipulación de las piezas de corte sin obstáculos en el arco horizontal de alcance del brazo en el área de trabajo.

- Posturas de trabajo: en este sentido se presentan recomendaciones para el trabajo de pie y para el levantamiento de cargas.
 - El trabajo de pie implica un esfuerzo muscular estático de pies y piernas que al ser prolongado puede ocasionar distrofias musculares u otros problemas físicos. En este aspecto se tienen las siguientes recomendaciones:
 - Proporcionar un banco para cada estación de trabajo. En las estaciones donde el trabajo debe realizarse de pie; también, puede proporcionarse un banco de descanso para que cada dos horas de trabajo continuo se puedan sentar y descansar un mínimo de 5 minutos. Se presentan algunas opciones convenientes en los anexos del presente documento.
 - Proporcionar un riel de pies o grada portátil donde puedan descansar los pies alternadamente en las estaciones donde el trabajo debe realizarse de pie. Se presentan algunas opciones en anexos.

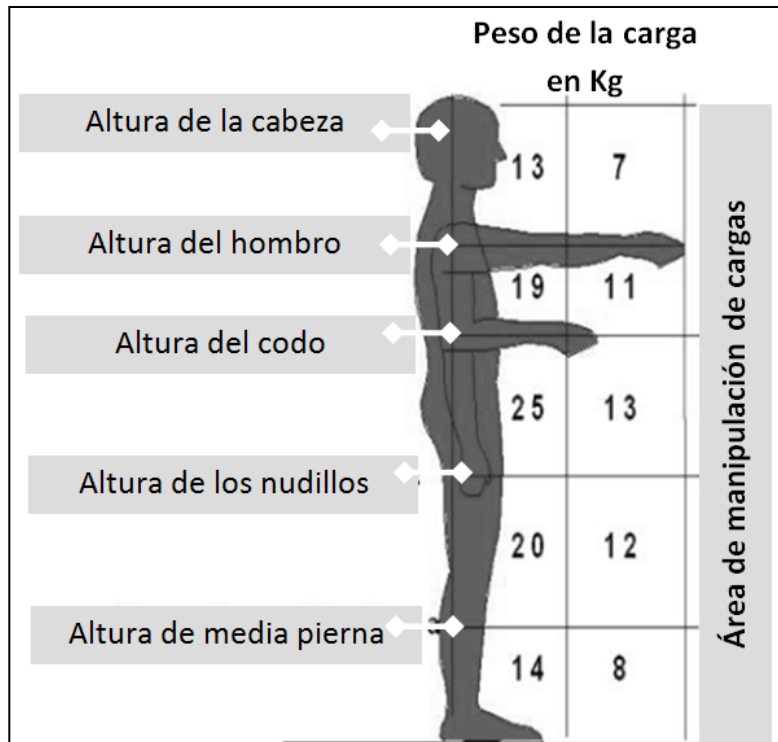
Figura 20. Trabajo de pie



Fuente: elaboración propia.

- En cuanto al levantamiento de cargas, se considera que toda carga que pese más de 3 kg puede representar un riesgo dorsolumbar potencial, porque aunque sea una carga ligera, si se manipula en condiciones ergonómicas desfavorables podría causar daños físicos considerables. Del mismo modo, las cargas con peso mayor a 25 kg constituyen un riesgo en sí mismas, aunque no existan condiciones ergonómicas desfavorables, por ello es necesario capacitar al personal al respecto y evitar dichos riesgos al máximo. Entre las principales recomendaciones en este aspecto, están las siguientes:

Figura 21. **Peso recomendado de carga conforme al área de manipulación**



Fuente: elaboración propia.

- El peso máximo de carga es de 25 kg.
- La posición de la carga está relacionada a su peso, pero la posición de la carga más favorable es pegada al cuerpo y a una altura comprendida entre los codos y los nudillos.
- El desplazamiento debe ser igual o menor de 25 cm, comprendidos entre la altura de los hombros y la altura de media pierna. No se deberían manejar cargas por encima de 175 cm que es el límite de alcance medio.

- Capacitar al personal respecto a las posiciones adecuadas para el levantamiento de cargas, proporcionándoles el equipo adecuado para ello.
- Exigencias del confort ambiental: el ambiente de trabajo debe ser agradable, transmitiendo una sensación de confort al trabajador. En este aspecto se considera que las instalaciones poseen suficiente iluminación y ventilación por ser espacios abiertos. Otra ventaja observada es que las máquinas que producen mayor ruido, al ser instaladas en espacios abiertos, permiten que el ruido se disipe fácilmente; sin embargo, si se les proporciona tapones de oídos adecuados a los trabajadores que tienen mayor exposición diaria.

3.2.9. Costos

Las mejoras propuestas para el incremento de la productividad no requirieron de una inversión, debido a que la máquina ya se había adquirido y los costos de instalación ya se tenían previstos como parte del proyecto de expansión. Para la instalación de esta máquina no se requirió de paros en la producción ni se generaron gastos adicionales.

4. FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DE PERSONAL

Una empresa puede adquirir maquinaria de última tecnología, tener la mejor materia prima o construir instalaciones modernas, pero si no tiene personal capacitado para sus operaciones, no puede alcanzar una productividad alta.

Cuando se contrata personal, es normal buscar que tenga experiencia en las labores que se le van a asignar, siendo indispensable darle una inducción y capacitación para que conozca la empresa y sus procesos en términos generales y específicos. En RODMOSA, hay operarios y técnicos que, aunque tienen experiencia con maquinarias similares a las que se utilizan en producción, se les mantiene en constante capacitación, en cuanto a modernización de maquinarias, procesos y equipos.

En Guatemala es común encontrar empresas con estructuras organizacionales informales, que no tienen todos los departamentos ideales para su correcta administración. Por ejemplo, muy pocos tienen un departamento de recursos humanos, el cual debiera de encargarse de la gestión del personal y su capacitación.

A pesar de que RODMOSA no cuenta con un departamento de recursos humanos como tal, siempre se ha encargado de administrar correctamente a su personal, proporcionándole capacitaciones internas e incluso subcontrata a otras empresas cuando la temática a abordar lo amerita.

Cuando se realizan cambios o mejoras que pueden afectar el desempeño de los trabajadores, se agenda una capacitación para que todo el personal esté informado de los cambios e integre la información que se les proporcione a los conocimientos que debe aplicar en sus labores diarias.

4.1. Diagnóstico del conocimiento del personal

Para capacitar al personal, es necesario realizar un diagnóstico respecto al conocimiento que éste pueda tener sobre las temáticas a abordar. Hay diversas herramientas que se pueden utilizar para realizar el diagnóstico; el más común, rápido y efectivo es la encuesta guiada.


Se sabe que el personal no tiene conocimiento sobre los cambios específicos que se realizan en los procesos internos. Por lo que al elaborar la encuesta, se indaga sobre el conocimiento general que se tiene sobre las herramientas que se van a implementar.

La encuesta consta de diez preguntas directas en las que se puede contestar afirmativa o negativamente, dando oportunidad de explicar que tanto sabe respecto al elemento en cuestión.

Debido a la disposición de gerencia, la encuesta se realiza de forma individual, en cada estación de trabajo donde se encuentren los mecánicos y se asigna a un encuestador quién es el que anota las respuestas.


En las siguientes figuras se muestra el formato en el que se elabora la encuesta y una encuesta llena que presenta los resultados obtenidos de forma generalizada en las preguntas abiertas.

Tabla XXXII. Encuesta para diagnóstico del conocimiento del personal

		ENCUESTA DE HERRAMIENTAS DE CONTROL				
COORDINACIÓN						
Nombre:						
Puesto:						
Preguntas abiertas						
1	¿ Sabe qué es el mantenimiento preventivo?				Sí	No
	Explique:					
2	¿ Sabe qué es la codificación de equipos?				Sí	No
	Explique:					
3	¿ Sabe qué es una ficha técnica?				Sí	No
	Explique:					
4	¿ Sabe qué es una orden de trabajo?				Sí	No
	Explique:					
5	¿ Sabe qué es una carta de lubricación?				Sí	No
	Explique:					
6	¿ Sabe qué es un croNograma de mantenimiento?				Sí	No
	Explique:					
7	¿ Sabe qué es un <i>check list</i> ?				Sí	No
	Explique:					
8	¿ Sabe qué es una ficha de control de fallos?				Sí	No
	Explique:					
9	¿ Ha trabajado con alguna de estas herramientas de control?					
	Dentro de la empresa				Sí	No
	Fuera de la empresa				Sí	No
10	¿ con cuál?					
	FT	CL	FCF	OT	Checklist	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Respuestas de encuesta

		ENCUESTA DE HERRAMIENTAS DE CONTROL			
Coordinación					
Nombre:					
Puesto:					
Preguntas abiertas					
1	¿ Sabe qué es el mantenimiento preventivo?			Sí 6	No
	Explique: acciones para evitar que sucedan fallas				
2	¿ Sabe qué es la codificación de equipos?			Sí 6	No
	Explique: Identificación del equipo de forma abreviada				
3	¿ Sabe qué es una ficha técnica?			Sí 6	No
	Explique: donde se encuentra la información general de un equipo				
4	¿ Sabe qué es una orden de trabajo?			Sí 6	No
	Explique: es donde le indican a uNo qué debe hacer y con qué				
5	¿ Sabe qué es una carta de lubricación?			Sí 6	No
	Explique: es donde se lleva el control de la lubricación de equipos				
6	¿ Sabe qué es un croNograma de mantenimiento?			Sí 6	No
	Explique: es donde se indica cuando se tiene que hacer un mantenimiento				
7	¿ Sabe qué es un <i>check list</i> ?			Sí 6	No
	Explique: listado de cosas o tareas que hay que hacer				
8	¿ Sabe qué es una ficha de control de fallos?			Sí 6	No
	Explique: documento donde se apuntan los fallos que se reportan de un equipo				
9	¿ ha trabajado con alguna de estas herramientas de control?				
	Dentro de la empresa			Sí	No 6
	Fuera de la empresa			Sí 6	No
10	¿ con cuál?				
	FT 6	CL 6	FCF	OT 6	Checklist

Fuente: elaboración propia.

Conforme a las respuestas expuestas en la figura anterior, se observa que todos los mecánicos que trabajan en la planta tienen conocimientos básicos de la temática a abordar; por lo que no es necesario profundizar tanto en cuestión

del concepto, sino en las características del elemento a incluir y el proceso al implementarlas en el desempeño de sus labores.

La gerencia considera importante que todos en la planta tengan claro el concepto de mantenimiento preventivo y conozcan los cambios y mejoras que se implementarán de forma general. Por esta razón se incluyen capacitaciones con dicha información, no obstante, las capacitaciones sobre las herramientas a implementar, solo debe proporcionarse al personal que las utilizará.

4.2. Plan de capacitación

Con base en el diagnóstico de necesidades de capacitación, se procede a elaborar un plan de capacitación, en el cual se determina lo siguiente:

- **Objetivo:** informar al personal sobre los cambios en los procesos internos que se van a implementar como parte de la continua búsqueda de la calidad y mejora a nivel organizacional.
- **Meta:** aumentar el conocimiento del personal a un nivel satisfactorio, comprobable mediante pruebas de conocimiento.
- **Indicadores:** se elaboran pruebas escritas en las cuales se califica el grado de conocimiento adquirido por el personal en cada uno de los temas de interés, después de realizadas las capacitaciones. Tomando como nota mínima cero, nota máxima cien y con un grado satisfactorio de igual o mayor a setenta puntos. El personal que no obtenga una nota satisfactoria será nuevamente instruido para reforzar los temas en los que presente debilidad.

- Alcance: el plan de capacitación es aplicable a todo el personal de mantenimiento de forma específica y a todo el personal de la planta de forma generalizada.
- Tipo de capacitación: preventiva. Está orientada a prever los cambios que se producen que puedan afectar el desempeño de los trabajadores; tiene por objeto la preparación del personal para enfrentar con éxito la adopción de nuevas herramientas de trabajo, tecnología o utilización de nuevos equipos, llevándose a cabo una estrecha relación al proceso de desarrollo empresarial.
- Modalidad: formación, perfeccionamiento y complementación. La capacitación tiene una modalidad de formación para todo el personal ajeno al área de mantenimiento, ya que su propósito es impartir conocimientos básicos orientados a proporcionar una visión general y amplia con relación al contexto de desenvolvimiento. También, tiene una modalidad de perfeccionamiento y complementación, debido a que se propone complementar, ampliar o desarrollar el nivel de conocimientos y experiencias específicas para el personal de mantenimiento, a fin de potenciar el desempeño de funciones técnicas, profesionales, directivas o de gestión.
- Nivel: intermedio. La capacitación se orienta al personal que requiere profundizar conocimientos y experiencias en una ocupación determinada o en un aspecto de ella, su objeto es ampliar conocimientos y perfeccionar habilidades con relación a las exigencias de mejor desempeño en la ocupación de su puesto.

- Temática: todo el personal en planta debe conocer la importancia del mantenimiento preventivo, su interrelación con todas las actividades y las expectativas de las mejoras propuestas, con el fin de ampliar sus conocimientos e involucrarlos en el proceso. La temática específica se proporciona a los mecánicos por ser ellos quienes deben utilizar las herramientas propuestas.

Tabla XXXIV. **Costos de capacitación**


Rubros	Costo por capacitación	Cantidad de capacitaciones	Totales
Hojas de papel	Q 10,00	9	Q 90,00
Merienda	Q 80,00	9	Q 720,00
Tiempo de personal (15 personas/40 min)	Q 121,88	9	Q 1 096,88
Alquiler de cañonera	Q 150,00	3	Q 450,00
Costo total de capacitacion			Q 2 356,88

Fuente: elaboración propia.

4.3. Programación de la capacitación

La capacitación debe programarse según la disponibilidad de la empresa, por lo que se agenda en fechas y horas que no interrumpa la producción diaria de la empresa, además la duración no debe exceder los 40 minutos.

Tabla XXXV. Hoja de programación de capacitación

				
Hoja de planificación				
Coordinación				
Actividad:	Capacitación/procesos internos			
Responsable:	Edgar Rodríguez			
Calendarización				
Item	Actividad	Fecha	Hora inicio	Hora final
1	Capacitación mantenimiento preventivo	4/09/2017	7:00	7:30
2	Capacitación procesos internos	5/09/2017	7:00	7:30
3	Capacitación procesos internos	6/09/2017	7:00	7:30
4	Capacitación procesos internos	7/09/2017	7:00	7:30
5	Capacitación procesos internos	8/09/2017	7:00	7:30
6	Capacitación procesos internos	11/09/2017	16:30	17:00
7	Capacitación procesos internos	12/09/2017	16:30	17:00
8	Capacitación procesos internos	13/09/2017	16:30	17:00
9	Capacitación y motivación	14/09/2017	7:00	7:30
10				
Programa general				
Hora	Actividad	Material	Documento	
8:00 - 8:15	Bienvenida, registro de participante		Hoja de registro	
8:15 - 8:25	Apertura y presentación			
8:25 - 9:00	Entrega de material de apoyo y exposición de contenido general	Presentación	Documentación guía	
9:00 - 9:15	Coffee Break			
9:15 - 9:45	Taller, práctica y exposición específica	Folleto	Documentación guía	
9:45 - 10:00	Retroalimentación de la actividad, comentarios y resolución de dudas		Hoja de evaluación	
Temática				
Mantenimiento preventivo	Filosofía del mantenimiento preventivo, objetivos, ventajas, influencia en productividad y calidad			
Codificación de equipos	Objetivo de la codificación de equipos, criterio de codificación.			
Fichas técnicas	Análisis y lectura de fichas técnicas			
Carta de lubricación	Análisis y lectura de carta de lubricación			
Órdenes de trabajo	Uso correcto de órdenes de trabajo			
Controles varios	Redacción y uso de fichas de controles varios			
Cronograma de mantenimientos	Finalidad del cronograma de mantenimientos			
Control de repuestos	Existencia de repuestos en bodega, control de ingresos y egresos			
Expectativas	Objetivos de las mejoras propuestas en mantenimiento y producción			
Observaciones:				


Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Filosofía del mantenimiento preventivo

El tema de esta capacitación se imparte a todo el personal, con el objetivo de involucrarlos en la gestión de cambio que se está proponiendo, no solo se les brinda el concepto de mantenimiento preventivo, sino los objetivos de su implementación, ventajas que se pueden obtener y su influencia en la productividad de los procesos y la calidad del producto final.

Figura 22. Hoja informativa, capacitación 1

Mantenimiento preventivo



Concepto: acciones programadas sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el fin de detectar y corregir condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar paros en la producción, accidentes o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones.

Objetivo: aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo mantenimiento planeado, basado en las inspecciones programadas de los posibles puntos de fallas.

Ventajas:

- ✓ Mayor seguridad. Trabajar con equipo y maquinaria en buen estado reduce el riesgo de accidentes y ofrece mayor protección al operador.
- ✓ Preserva las condiciones operativas de la planta. Las instalaciones y equipos sujetos a mantenimiento preventivo pueden preservar e incluso incrementar su vida útil por más tiempo que con mantenimientos correctivos.
- ✓ Reduce costos. Es posible reducir el costo de reparaciones, inventario y de producción evitando defectos en el producto, paros productivos y adquisición de piezas mayores por averías menores.
- ✓ Disminuye la carga de trabajo. Evitando paros de producción por averías en la maquinaria y equipo, se reduce la carga de trabajo para todo el personal de la planta.

Productividad y calidad: con el mantenimiento preventivo, se disminuye la probabilidad de defectos en producto por fallas en equipos e incrementa la probabilidad de satisfacción del cliente en la adquisición de productos que cumplan con las características deseadas. Al mismo tiempo, se evitan desperdicios, reclamos y reprocesos que pueden afectar la productividad de la empresa.

¡Reporta cualquier anomalía en tu equipo!

Fuente: elaboración propia.

La figura anterior muestra la hoja informativa que se le brindó al personal al inicio de la primera capacitación, duró aproximadamente 30 minutos.

4.3.2. Codificación de los equipos

La capacitación consiste en explicar la importancia de la codificación de los equipos en las actividades de mantenimiento y proporcionarles los códigos.

Figura 23. Hoja informativa, capacitación 2

Codificación de equipos



Concepto: proceso de identificar la maquinaria y equipo que requiere mantenimiento a través de un código alfanumérico. Cada empresa puede utilizar diferente criterio para realizar la codificación, pero todo el personal debe estar informado sobre ello para que sea efectivo.

Objetivo: identificar y ubicar más fácilmente la maquinaria y equipo, dentro de la planta matriz, para proporcionarles el mantenimiento preventivo que se les programe.

Alcance: Todo el personal de mantenimiento debe conocer los códigos asignados a cada máquina y equipo en la planta. Por esto se les proporciona a cada uno el listado de los códigos asignados al equipo de producción, carga y transporte.

Ventajas:

- ✓ Con la codificación, es más fácil la identificación de los equipos, su ubicación y la documentación de los trabajos de mantenimiento realizados
- ✓ Mejora el proceso de control de mantenimientos y el inventario del equipo en planta.
- ✓ Evita confusiones.

CRITERIO DE CODIFICACIÓN

Nombre del equipo	Abreviatura	Guión	Correlativo
Camión de 5 toneladas	CM05	-	1
Nombre con el cual se identifica el equipo	Abreviatura asignada al equipo	Se utiliza solo si lleva un correlativo	Se asigna un correlativo si hay más de un equipo con las mismas características
Código de equipo	CM05-1		

Fuente: elaboración propia.

Como parte de la documentación guía, se les brinda la hoja informativa de la figura anterior y se agregan los listados con los códigos asignados al equipo de producción, carga y transporte que se presentaron en las tablas IV, V y VI del presente documento.

4.3.3. Análisis y lectura de fichas técnicas

Como el personal está familiarizado con el concepto de las fichas técnicas, la capacitación se centra en el análisis y la lectura de las fichas técnicas diseñadas para RODMOSA que deben utilizar. La ficha posee los siguientes segmentos:

- Identificación de equipo: espacio para ingresar nombre, código, marca, modelo, fabricante, año de fabricación, ubicación, número de serie y dimensiones de la maquinaria o equipo, así como la prioridad que se le debe dar a su mantenimiento de acuerdo a su intervención en el proceso productivo.
- Características técnicas: espacio para ingresar voltaje, corriente, frecuencia, potencia, capacidad y tipo de alimentación de la maquinaria o equipo. También, se indica que tipo de sistemas operativos posee y las características más relevantes del motor.
- Mantenimiento: espacio para indicar qué tipo de mantenimiento se le ha de proporcionar a la maquinaria o equipo, la periodicidad con la que debe aplicarse, si requiere de paro productivo para realizar los mantenimientos y los sistemas que posea que sean objeto de mantenimiento.

- Especificaciones de mantenimiento: espacio para indicar detalles del proceso de mantenimiento específico para el equipo en cuestión, proporcionadas por el fabricante o por los mecánicos de planta con mayor experiencia.
- Requerimientos de instalación: espacio para indicar todo lo que se necesita para la correcta instalación del equipo o maquinaria en cuestión.
- Requerimientos de operación: espacio para indicar todo lo que se necesite para la correcta operación del equipo o maquinaria en cuestión.
- Observaciones: espacio para indicar cualquier detalle que se considere importante compartir con las personas que tengan acceso a esta información respecto al equipo o maquinaria en cuestión.

Como parte de la documentación guía, al iniciar la capacitación se les brinda el formato de ficha técnica de la figura 10 del presente documento.

4.3.4. Análisis y lectura de cartas de lubricación

En esta capacitación, tampoco se hace mayor énfasis en el concepto, debido a que el personal tiene conocimientos al respecto. Únicamente se les proporciona el formato diseñado para las cartas de lubricación que se han de implementar en RODMOSA y que se muestra en la figura 11 del presente documento. La carta posee lo siguiente:

- Sección informativa: espacio asignado para indicar quién es el responsable de la elaboración de la carta de lubricación, quién lo asignó, el área donde se encuentran los equipos y la fecha cuando se realiza.

- Sección de columnas: espacio asignado para indicar el nombre del equipo al que se le proporciona lubricación, las partes a lubricar, el tipo de lubricante que se utiliza para ello, la frecuencia con que se aplica, el método utilizado para ello y el tiempo promedio en el cual se realiza la operación.
- Sección de observaciones: espacio asignado para agregar cualquier información que se considere necesaria respecto a la lubricación de equipos que se realice.

4.3.5. Uso correcto de órdenes de trabajo

Aunque el personal de mantenimiento tenga conocimientos respecto a las órdenes de trabajo, se estima necesario compartirlas información sobre la forma correcta en que dichas órdenes deben ser utilizadas. Iniciando por explicarles las secciones en que se diseñó el formato presentado en la figura 13 del presente documento.

Las siguientes secciones, contienen información proporcionada por el gerente de mantenimiento que debe ser acatada por los mecánicos:

- Sección 1: cajetín informativo, espacio para indicar el nombre del equipo o maquinaria de la planta a la que se le ha de proporcionar mantenimiento, el código que lo identifica, la marca, modelo, ubicación y la prioridad con que debe hacerse el trabajo.
- Sección 2: espacio para describir la actividad de mantenimiento que se ha de realizar de forma generalizada.

- Sección 3: espacio donde se muestran las especificaciones del trabajo, tales como los materiales a utilizar para el mantenimiento, los repuestos que se necesiten, el tiempo estimado del proceso, la cantidad de mecánicos asignados para la actividad y el nombre del responsable.
- Sección 6: espacio donde se indica quién elabora la orden de trabajo, quién la aprueba y la fecha en que se emite.

Las siguientes secciones, contienen información recabada durante la realización del trabajo y que es proporcionada por los mecánicos:

- Sección 4: espacio donde se explican las fallas encontradas durante el trabajo de mantenimiento, que sirve de control para las reincidencias.
- Sección 5: espacio donde se detalla el trabajo realizado para corregir, mejorar o mantener el equipo.

La sección de observaciones puede ser utilizada por el gerente de mantenimiento o por los mecánicos para agregar cualquier información adicional que consideren relevante.

Al finalizar la explicación de las secciones del formato, se informa al personal sobre el proceso de mantenimiento implementando las órdenes de trabajo como herramienta de control.

- Emisión: las órdenes de trabajo las emite el gerente de mantenimiento diariamente conforme a las actividades programadas y presentadas en el plan de mantenimiento.

- Adquisición: los mecánicos adquieren sus órdenes de trabajo diariamente en forma digital o impresa según la disposición de medios digitales. El encargado de proporcionarlas es el gerente de mantenimiento.
- Manipulación: los mecánicos deben portar su orden de trabajo durante la ejecución del mantenimiento ya sea en digital o impreso, como respaldo de la aprobación del trabajo. El ingreso de la información que los mecánicos proporcionan debe realizarse al terminar el mantenimiento.
- Documentación: los mecánicos deben devolver la orden de trabajo al gerente de mantenimiento cuando finalicen sus actividades. El gerente archiva las órdenes de trabajo de forma digital o impresa según sea el caso como parte de la documentación del desarrollo del plan propuesto.


Es recomendable que ningún trabajo de mantenimiento se realice sin orden de trabajo, para los casos de emergencia puede darse la orden directa pero siempre se elabora la orden de trabajo y se proporciona al mecánico en la marcha para documentación y registro del suceso.

4.3.6. Redactar fichas de controles varios

Esta capacitación abarca la implementación de fichas de control de fallos, el *check list* para servicio mayor y el *check list* para estado general de vehículos presentados en los formatos de las figuras 12, 14 y 15 del presente documento.

La capacitación inicia con una breve descripción de las fichas de controles que se presenta en una hoja informativa y como parte de la documentación guía; también, se les proporcionan los formatos diseñados para la empresa antes mencionados.

Figura 24. Hoja informativa, capacitación 6



Controles varios

Ficha de control de fallos: documento donde se agrupa la información que se considera importante respecto a los fallos. Si durante el mantenimiento preventivo o correctivo, el equipo presenta un fallo, se buscan posibles soluciones, pero también es necesario encontrar las causas para estudiar la posibilidad de eliminar o disminuir la ocurrencia de dicho fallo. Además se debe registrar el tiempo improductivo a causa del fallo, así como el costo total en el que se incurre.

Check list servicio mayor: documento que contiene el listado de cambios, revisiones, lavado, limpieza, lubricación y calibración de piezas que se realiza como parte del mantenimiento durante el servicio mayor que se le proporciona a los vehículos de la empresa cada 15,000km si son de gasolina, cada 9,000km si son de diesel y cada 15,000km si son vehículos pesados.

Check list para estado general de vehículos: documento que contiene el listado de elementos que hay que revisar o cambiar al momento de realizar el servicio menor a los vehículos de la empresa cada 5,000 km si son de gasolina y cada 3,000km si son de diesel; también posee una lista de elementos que hay que revisar para determinar el estado general de los vehículos antes de entregárselos a los pilotos.

Fuente: elaboración propia.

Aunque estas fichas de control no las usará todo el personal de mantenimiento, la empresa considera necesario que todos estén informados sobre la implementación de nuevas herramientas de control.

4.3.7. Cronograma de mantenimiento

El cronograma lo elabora el gerente de mantenimiento con base en las actividades planificadas para los equipos de la planta y es aplicado por el personal de mantenimiento.

En esta capacitación se informa al personal sobre las actividades que se han planificado y la simbología empleada internamente para operaciones a realizar. Como parte de la documentación guía se les proporciona el formato de la hoja de planificación de la figura 9 y el cronograma mensual de la figura 16 del presente documento. En las siguientes figuras se presentan las diapositivas utilizadas durante la capacitación.

Figura 25. Diapositivas de capacitación 7, parte 1



CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO
Edgar Rodríguez

¿CÓMO ELABORAR EL CRONOGRAMA?

Conoce los equipos que hay en la planta, cómo funcionan y que tipo de mantenimiento necesitan.

Elabora un documento en el cual puedas guardar toda la información de los equipos, sus códigos y ubicación.

Utiliza las herramientas que te proporciona la empresa para el control de mantenimiento y su programación.

FORMATO CRONOGRAMA INDIVIDUAL



Sección 1 → Registro y Control (Equipos)

Sección 4 → Programación (Tabla)

Sección 2 → Simbología (Lista)

Sección 5 → Observaciones

Sección 6 → Datos del Operador

SECCIÓN 1



MANTENIMIENTO PREVENTIVO
REGISTRO Y CONTROL

Equipo: _____ Código: _____
Ubicación: _____ Prioridad: _____

- ✓ Esta sección posee información general del equipo.
- ✓ Puedes utilizar el listado de equipos para colocar correctamente el nombre, el código y la ubicación.
- ✓ La prioridad se puede determinar de acuerdo a su intervención en la producción. 1 si requiere paro productivo y no puede programarse ; 2 si requiere paro pero puede programarse y 3 si no requiere paro productivo y puede programarse.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO
REGISTRO Y CONTROL

Equipo: esadora para piedra 230 mm Código: Sis-1
Ubicación: E Prioridad: 2

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diapositivas de capacitación 7, parte 2

SECCIÓN 2

✓ La sección 2, contiene la simbología empleada para las actividades de mantenimiento que deben programarse.

SIMBOLOGÍA	
RM= Revisión mecánica	I= Inspección general
RE= Revisión eléctrica	LG= Lubricación general
Re= Revisión electrónica	LP= Lubricación de piezas
RH= Revisión hidráulica	CF= Cambio de fajas
RN= Revisión neumática	CP= Cambio de piezas

SECCIÓN 4

MES	SEMANA			
	1	2	3	4
Enero		I	RM, RE, LG	RH, LP
Febrero				RH, LP
Marzo				RH, LP
Abril	I		RM	RH, LP
Mayo				RH, LP
Junio				RH, LP
Julio		I	RM, RE, LG	RH, LP
Agosto				RH, LP
Septiembre				RH, LP
Octubre		I	RM	RH, LP
Noviembre				RH, LP
Diciembre				RH, LP

Para el caso de la siladora de piedra 230mm, la programación anual individual queda así:

- ✓ Inspecciones generales para la segunda semana de enero, abril, julio y octubre
- ✓ Revisiones mecánicas para la tercera semana de enero, abril, julio y octubre
- ✓ Revisiones eléctricas y lubricación general para la tercera semana de enero y julio
- ✓ Revisiones hidráulicas y lubricación de piezas para la cuarta semana de todos los meses

SECCIÓN 3

área donde se establece que actividades de mantenimiento deben programarse para un equipo y la frecuencia con que debe hacerse.

Frecuencia	Semana			Semestral
	Mensual	Trimestral	Semestral	
RM				
RE				
LP				
LG				

Para el caso de la siladora de piedra 230mm, se requieren:

- ✓ Revisiones hidráulicas y lubricación de piezas mensualmente.
- ✓ Revisiones mecánicas e inspecciones generales trimestralmente.
- ✓ Revisiones eléctricas y lubricación general semestralmente

SECCIÓN 5

✓ Área donde se pueden realizar algunas observaciones importantes a considerar para la programación o para la ejecución de los mantenimientos.

OBSERVACIONES:		
Elaborado por:	Aprobado por:	Fecha:

SECCIÓN 6

✓ Área informativa, donde se agrega el nombre de quien elabora la programación, de quien la aprueba y la fecha en la que se emite.

SIMBOLOGÍA		
RM= Revisión mecánica	I= Inspección general	Elaborado por:
RE= Revisión eléctrica	LG= Lubricación general	Aprobado por:
Re= Revisión electrónica	LP= Lubricación de piezas	Fecha:
RH= Revisión hidráulica	CF= Cambio de fajas	
RN= Revisión neumática	CP= Cambio de piezas	

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE PRODUCCIÓN

ID	Nombre del equipo	Código	Área	SEMANA			
				1	2	3	4
1	Siladora de banco 230mm	ST1	A				
2	Siladora de banco 230mm	ST2	B				
3	Siladora de banco 230mm	ST3	E				
4	Siladora de banco 230mm	ST4	E				
5	Siladora de banco 230mm	ST5	E				
6	Siladora de banco 230mm	ST6	E				
7	Siladora de banco 230mm	ST7	E				
8	Siladora de banco 230mm	ST8	E				
9	Siladora de banco 230mm	ST9	E				
10	Siladora de banco 230mm	ST10	E				
11	Traca 300mm	TR300	A				
12	Prensa Manual	PM	B				
13	Inspección visual Siladora	ST1	E				
14	Revisión eléctrica semestralmente	RE	E				
15	Lubricación de piezas	LP	E				
16	Revisión de banco	RE	E				
17	Traca 300mm	TR300	C				
18	Traca 300mm	TR300	C				
19	Traca 300mm	TR300	C				
20	Traca 300mm	TR300	C				
21	Traca 300mm	TR300	C				
22	Traca 300mm	TR300	C				
23	Traca 300mm	TR300	C				
24	Traca 300mm	TR300	C				
25	Traca 300mm	TR300	C				
26	Traca 300mm	TR300	C				
27	Traca 300mm	TR300	C				
28	Traca 300mm	TR300	C				
29	Traca 300mm	TR300	C				
30	Traca 300mm	TR300	C				
31	Traca 300mm	TR300	C				
32	Traca 300mm	TR300	C				
33	Traca 300mm	TR300	C				
34	Traca 300mm	TR300	C				
35	Traca 300mm	TR300	C				
36	Traca 300mm	TR300	C				
37	Traca 300mm	TR300	C				
38	Traca 300mm	TR300	C				
39	Traca 300mm	TR300	C				
40	Traca 300mm	TR300	C				
41	Traca 300mm	TR300	C				
42	Traca 300mm	TR300	C				
43	Traca 300mm	TR300	C				
44	Traca 300mm	TR300	C				
45	Traca 300mm	TR300	C				
46	Traca 300mm	TR300	C				
47	Traca 300mm	TR300	C				
48	Traca 300mm	TR300	C				
49	Traca 300mm	TR300	C				
50	Traca 300mm	TR300	C				
51	Traca 300mm	TR300	C				
52	Traca 300mm	TR300	C				
53	Traca 300mm	TR300	C				
54	Traca 300mm	TR300	C				
55	Traca 300mm	TR300	C				
56	Traca 300mm	TR300	C				
57	Traca 300mm	TR300	C				
58	Traca 300mm	TR300	C				
59	Traca 300mm	TR300	C				
60	Traca 300mm	TR300	C				

Fuente: elaboración propia.

4.3.8. Existencia de repuestos

La gerencia determina que en cuanto a la capacitación: existencia de repuestos, se necesitan tres cosas primordialmente:

- Informar al personal respecto a los medios de control de inventario en bodega de mantenimiento que se han creado.

- Retroalimentación: se necesita la colaboración de los mecánicos para establecer que repuestos se deberían mantener en existencia y por qué.
- Concientización: se busca que el personal sea más consciente con los recursos que se tienen disponibles para el mantenimiento de la planta, que no los desperdicien y que cumplan con los procedimientos de limpieza y orden para su área.

Para el primer se explica que se realizó una inspección para realizar un inventario y que para llevar el control de los ingresos y egresos de la bodega se creó un documento que se les proporciona como parte de la documentación guía, exponiendo el contenido y la forma de llenarlo.

Tabla XXXVI. **Formato control de bodega de mantenimiento**

		CONTROL DE BODEGA				
INGRESO Y EGRESO DE MATERIALES A BODEGA DE MANTENIMIENTO						
Responsable:						
No.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN	FECHA	INGRESO	EGRESO	RESPONSABLE
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fuente: elaboración propia.

El responsable del control de esta bodega es el gerente de mantenimiento, quien debe hacer las requisiciones de compra y poner a disposición el formato de la figura anterior para que los mecánicos apunten cada elemento que saquen o que ingresen a la bodega.

Los mecánicos deben apuntar en la segunda columna la descripción del elemento que van a ingresar o egresar de bodega. En la tercera columna colocan la dimensión del elemento, es decir, si es un galón o tonel, etc. En la cuarta columna la fecha en que se da el ingreso o egreso. En la quinta columna

la cantidad de elementos que ingresa, si no ingresa ningún elemento coloca un guión. En la sexta columna coloca la cantidad de elementos que egresa, si no egresa ningún elemento coloca un guión. Por último, la persona que hace el ingreso o egreso debe colocar su nombre.

Cada día, el gerente de mantenimiento debe revisar esta hoja de control, verificar los ingresos o egresos que se realicen durante el día para anotarlos en la plantilla de inventario.

Para el segundo inciso, se les proporcionó a los mecánicos media hoja carta en blanco, para que anotaran los repuestos o materiales que consideran que necesitan agregar a bodega y el por qué es necesario para ellos. Estas hojas se le entregaron al gerente de mantenimiento para que las procesara.

4.3.9. Expectativas a alcanzar

Los cambios propuestos, requieren de la colaboración de todo el personal para que pueda implementarse con éxito y determinar si son funcionales o si aún pueden mejorarse. En esta capacitación se motiva a todo el personal a trabajar en equipo, a ser responsables y proactivos.

La capacitación inicio con un pequeño video que se buscó en internet respecto al trabajo en equipo que dura 2 min y 33 s, el cual se puede encontrar en el siguiente link: <https://www.youtube.com/watch?v=ljB0j997euA>. Al finalizar el video se les expuso que los cambios propuestos solo pueden implementarse si todos participan y colaboran. Por último, se les presentó otro video sobre responsabilidad laboral que dura un minuto con 38 segundos que se encuentra en el siguiente link; https://www.youtube.com/watch?v=3ZepHNI2_qo.

4.4. Metodología

Con base en la información y el conocimiento que se transmitirá en las capacitaciones programadas para el personal de RODMOSA, se utiliza la siguiente metodología:

- Conferencia: en algunas de las capacitaciones se utiliza esta metodología que consiste en una exposición oral, centrada en la presentación de temas específicos y de interés para el personal al cual está destinado. Al final de la conferencia se establece un período de interacción con el personal, donde estos pueden exponer sus opiniones, sugerencias o dudas respecto al tema expuesto.
- Estudio de casos: en algunas capacitaciones se presentan casos reales para que el personal pueda observar y practicar como se aplican los formatos propuestos conforme las situaciones que se presentan en la empresa.
- Asesoramiento personal: este tipo de metodología se utilizó para complementar la información que se les proporciona en el estudio de casos, verificando la correcta aplicación de los formatos propuestos.

Figura 27. **Capacitación, cronograma de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.


- Recursos: para las capacitaciones se utilizan diversos recursos: tiempo, espacio físico para la capacitación, medios audiovisuales, material impreso.
 - Tiempo: la duración de las capacitaciones no debe exceder los 45 minutos, por lo que el material audiovisual debe ser preparado para que no exceda los 30 minutos dejando un espacio prudencial para la interacción con el personal en la sección de preguntas.
 - Espacio: en la planta se cuenta con un área de oficinas, donde hay un espacio para reuniones que es la que se asigna para las capacitaciones.
 - Medios audiovisuales: la empresa proporciona un proyector, laptop, bocinas y fondo para proyección.

- Material impreso: los documentos guías y los formatos deben imprimirse.
- Recurso humano: adicional al expositor, se necesita a una persona que se encargue de proporcionar los documentos guías, de preparar la sala donde se lleva a cabo la capacitación, entre otras tareas.

4.5. Evaluación

Para la evaluación del impacto de las capacitaciones en el personal, se crea el siguiente formulario:

Tabla XXXVII. Evaluación de capacitación

			
HOJA DE EVALUACIÓN			
Marca con una "X" la respuesta			
Puesto:			
Evaluación general			
1	¿Considera que las capacitaciones eran necesarias?	SI	NO
2	¿Las capacitaciones son una buena forma de aprender?	SI	NO
3	¿Los temas impartidos son aplicables en su trabajo?	SI	NO
4	¿El material impreso facilita la comprensión del tema?	SI	NO
5	¿El expositor domina el tema impartido?	SI	NO
6	¿Cómo calificaría la capacitación?	Buena	Regular Mala
Evaluación específica			
1	¿Comprende el criterio de codificación?	SI	NO
2	¿Puede interpretar una ficha técnica del equipo en planta?	SI	NO
3	¿Tendría alguna dificultad para llenar una carta de lubricación?	SI	NO
4	¿Conoce el proceso de mantenimiento implementado las OT?	SI	NO
5	¿Se considera capaz de utilizar correctamente las OT?	SI	NO
6	¿Tendría alguna dificultad para llenar una ficha de control de fallos?	SI	NO
7	¿Comprende como aplicar los check list expuestos?	SI	NO
8	¿Comprende la forma en que se planificarán los mantenimientos?	SI	NO
9	¿Encuentra alguna dificultad para utilizar la hoja de control en bodega?	SI	NO
10	¿Las herramientas implementadas le parecen útiles en su trabajo?	SI	NO

Fuente: elaboración propia.

El formulario cuenta con un espacio para colocar el puesto del trabajador, ya sea operativo o de mantenimiento. No se solicita que coloquen el nombre para que sientan mayor libertad de expresar su verdadera opinión.

La sección de evaluación general, permite adquirir información respecto a la aceptación de las capacitaciones, la metodología y la temática. Mientras que la sección de evaluación específica, permite adquirir información respecto al grado de comprensión de la temática impartida.

4.6. Resultados

Con base en la información obtenida de la encuesta elaborada para la evaluación, se exponen los siguientes resultados:

- Se obtuvo una alta aceptación de las capacitaciones en general. El 100 % de los participantes opina que las capacitaciones eran buenas, necesarias, aplicables al trabajo y que eran una buena forma de aprender. Mientras que el 90 % considera que el material impreso facilitaba la comprensión del tema y que el expositor dominaba los temas impartidos.
- Como resultado de la primera capacitación, el 100 % asegura comprender el criterio de codificación. Complementariamente, a cada uno se les proporcionó el listado de equipos con sus respectivos códigos para que puedan consultarlo en cualquier momento.
- El 100 % de los participantes asegura poder interpretar una ficha técnica del equipo en planta y que no tendrían alguna dificultad para llenar una

carta de lubricación, basados en la información recibida en la capacitación.

- Como resultado de la cuarta capacitación, el 100 % asegura conocer el proceso de mantenimiento implementando las órdenes de trabajo y se consideran capaces de utilizarlas correctamente.
- El 84 % aseguran comprender como aplicar los *check list* expuestos y la forma en que planificaran los mantenimientos. Mientras que el 100 % considera que no tendría alguna dificultad para llenar una ficha de control de fallos, ni para utilizar la hoja de control de bodega.
- Por último, todo el personal opina que las herramientas implementadas son útiles en su desempeño diario.

CONCLUSIONES

1. Se identifican treinta y seis equipos de producción, tres de carga y doce de transporte, a los cuales se les debe proporcionar mantenimiento. Estas actividades propuestas son económicamente justificables, en la medida que se reducen los costos de mantenimiento en un 5 % desde el primer trimestre de implementación, este porcentaje equivale a un monto total de Q 5 608,70.
2. Para poder llevar un registro de las actividades de mantenimiento, estas se organizan utilizando diversos formatos como herramientas diseñadas conforme a las necesidades de la empresa. Las órdenes de trabajo se emiten conforme al cronograma de mantenimiento y se utilizan fichas de control de fallos, *check list*, carta de lubricación, hoja de control de bodega, como soporte y control de las actividades realizadas.
3. Conforme a las especificaciones de fábrica y al diagnóstico de las condiciones en que se encuentra cada equipo en la empresa, se identifican diversas actividades de mantenimiento preventivo que se deben proporcionar semanal, mensual, trimestral y semestralmente. Entre estas están: las inspecciones generales; las revisiones mecánicas, eléctricas, electrónicas, hidráulicas y neumáticas según lo requiera cada equipo; lubricación general y de piezas; así como el cambio de fajas y piezas.
4. La empresa cuenta con los recursos humanos y materiales necesarios para la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto,

en el cual no fue necesaria una inversión económica, sino una reorganización de los recursos disponibles.

5. Al analizar los distintos procesos productivos de la empresa, se puede establecer que las instalaciones físicas están en buenas condiciones, los equipos son adaptables a los distintos productos que fabrican y que el personal tiene experiencia en las operaciones que realizan. Sin embargo, el peso y volumen de la materia prima, incrementa el tiempo de fabricación y representa un riesgo laboral que al no poderlo eliminar, se debe mitigar con el uso de equipo de protección individual y de carga adecuado.
6. En la búsqueda de deficiencias y operaciones innecesarias, se determina que el proceso de producción de piedra aserrada puede mejorarse, al utilizar una máquina de corte programable en lugar de tres máquinas de corte manual. Con esto se aumenta la eficiencia y productividad del proceso, reduce la cantidad de desperdicios por margen de corte y se mejora la calidad del producto final.
7. Para capacitar al personal operativo y de mantenimiento respecto a las bases para la implementación y puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo, se programaron nueve capacitaciones, con una duración promedio de treinta minutos cada una. Se utilizaron medios audiovisuales para facilitar el proceso enseñanza/aprendizaje y a los participantes se les proporcionó un documento guía específico para cada abordar la temática expuesta.

RECOMENDACIONES

1. Conservar las fichas técnicas, los manuales, los folletos o cualquier información del fabricante de los equipos que se adquieran en la empresa, puesto que, junto con las inspecciones generales, sirven de base para identificar las condiciones en las que se encuentra, el tipo de mantenimiento que requieren y la frecuencia con que se les debe aplicar dicho mantenimiento.
2. Simplificar los documentos que se utilicen para el registro de las actividades de mantenimiento, de tal forma que sean de fácil comprensión y manipulación para los empleados.
3. Antes de programar las actividades de mantenimiento, tomar en cuenta la disponibilidad de cada área para no interrumpir las actividades productivas que repercutan en los costos de forma negativa.
4. La implementación de un plan de mantenimiento es eficiente si se cuenta con los recursos adecuados, por lo que conviene cerciorarse de su disposición desde la planificación.
5. Al analizar los procesos productivos se puede evaluar la eficiencia de la maquinaria, el método, la mano de obra, así como la calidad de la materia prima y los materiales que se utilicen.

6. Es necesario conocer los procesos para poder identificar sus deficiencias y las operaciones innecesarias. El mejor método para adquirir ese conocimiento, es la observación directa y constante del proceso.

7. Siempre que se realicen cambios o mejoras dentro de una empresa, se debe informar al personal y dependiendo del grado en que afecte su desempeño, debe ser capacitado correctamente antes de la implementación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHAVARRÍA COSAR, Ricardo. *NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas*. España: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, 1990. 79 p.
2. CURILLO, Miriam. *Análisis y propuesta de mejoramiento de la productividad de la fábrica artesanal de hornos industriales FACOPA*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 186 p.
3. FRANCO HERNÁNDEZ, Dunia magnolly. *Diseño de un programa de capacitación para la formación profesional de técnicos en mantenimiento industrial, en las áreas eléctrica y mecánica, basado en competencias laborales*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 224 p.
4. RODRÍGUEZ, Guillermo; BALESTRINI, Solange; BALESTRINI, Sara; MELEÁN, Rosana & RODRÍGUEZ, Belkis. *Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial*. España: Revista de Ciencias Sociales, 2002. 23 p.
5. RUIZ, Laura. *Manipulación manual de cargas: guía técnica del INSHT*. España: Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, 2011. 30 p.

6. SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel. *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.* Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2004. 196 p.

7. VALDES, Jorge & SAN MARTÍN, Erick. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast.* Colombia: Universidad de Cartagena, 2009. 242 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Bancos


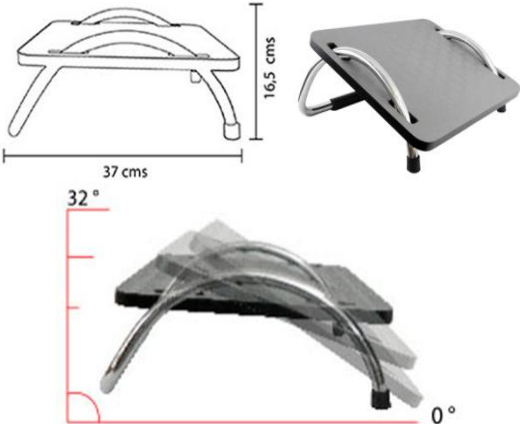
Hay diferentes tipos de bancos que se pueden utilizar para proporcionarles descanso a los trabajadores, en la siguiente figura se muestran un par de opciones encontradas en internet.

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none">• Diámetro 35 cm• Altura 75 cm• Estructura de acero cromado• Asiento giratorio• Asiento con relleno acojinado
	<ul style="list-style-type: none">• Diámetro 35 cm• Altura ajustable• Estructura de acero inoxidable• Asiento giratorio• Asiento de base sólida

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Rieles

Hay diferentes tipos de rieles para pies o gradas portátiles que se pueden utilizar para proporcionarles mayor confort a los trabajadores en los trabajos que se deben realizar de pie, en la siguiente figura se muestran un par de opciones encontradas en internet.

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie en plástico con base antideslizante • Dimensiones base de 41,5 * 30,5 cm • Ajustable en ángulo • Ajustable en dos alturas • Color negro
	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustable y ergonómico • Superficie basculante y graduable • Superficie antideslizante • Estructura de tubo metálico resistente • Inclinación ajustable de 0° a 32° sobre el plano horizontal

Fuente: elaboración propia.