



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

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
LA PLANTA TRITURADORA DE GRAVA DE RÍO Y SUS
DERIVADOS “VADO HONDO”, SANTA CATARINA MITA,
JUTIAPA**

Urias Gustavo Sandoval González

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
LA PLANTA TRITURADORA DE GRAVA DE RÍO Y SUS
DERIVADOS “VADO HONDO”, SANTA CATARINA MITA,
JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

URIAS GUSTAVO SANDOVAL GONZÁLEZ
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA DE
SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
EXAMINADOR	Ing. Sigrid Alitza Calderón De León de De León
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA TRITURADORA DE GRAVA DE RÍO Y SUS DERIVADOS “VADO HONDO”, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 4 de septiembre de 2006.

Urias Gustavo Sandoval González

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS Por darme la vida, por iluminarme y guiarme en todo momento. Toda la honra y toda la gloria sean para ti Señor.

MIS PADRES **GUSTAVO EDVIN SANDOVAL PALMA Y
CASTA LUZ GONZÁLEZ GARCÍA**
Por todos sus sacrificios, sus oraciones y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado. Los amo y estoy seguro que son los mejores padres que Dios pudo haberme dado.

MIS HERMANAS **JENNY SANDOVAL, MARLIN SANDOVAL Y JULISSA
SANDOVAL**
Por ese apoyo y cariño incondicional que siempre me han brindado.

MI FAMILIA Por su cariño, apoyo y sobre todo, por sus oraciones.

MIS AMIGOS Especialmente a Gerardo Reyes, Arturo Godoy, Marco Polo, Manuel Castro, Karen Cardona, por haberme mostrado lo valioso de una amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

SR. WILLIAM DUARTE Por la oportunidad que me brindó para realizar este trabajo.

**ING. WILLIAM ABEL
AGUILAR** Por su apoyo durante la realización de este trabajo.

**TODO EL PERSONAL
DE “VADO HONDO”** En especial a Francisco Alvarado, por su ayuda y muestras de amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA “VADO HONDO”	1
1.1 Descripción	1
1.2 Productos y servicios	4
1.3 Estructura organizacional	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Maquinaria y equipo de trituración	11
2.1.1 Descripción	11
2.1.2 Tipos de trituradora	12
2.1.3 Principio de operación	16
2.2 Procesos productivos	18
2.2.1 Descripción del proceso	19
2.2.2 Medios gráficos	22
2.2.2.1 Diagrama de flujo	22
2.2.2.2 Diagrama de proceso	24
2.2.2.3 Diagrama de recorrido	25
2.2.3 Materia prima	25
2.2.4 Personal	26

2.2.5	Producto terminado	27
2.3	Mantenimiento preventivo	27
2.3.1	Definición	28
2.3.2	Ventajas de implementación	29
2.3.3	Etapas de un plan de mantenimiento preventivo	31
2.3.3.1	Inventario técnico	31
2.3.3.2	Diagnóstico preliminar	32
2.3.3.3	Determinación del personal de mantenimiento	35
2.3.3.4	Procedimientos técnicos	35
2.3.3.5	Control de frecuencias	36
2.3.3.6	Determinación de stock de repuestos	36
2.3.3.7	Capacitación de personal	39
2.3.3.8	Determinación de costos	42
2.3.3.9	Supervisión	43
2.3.3.10	Control	45
2.4	Evaluación de desempeño	47
2.4.1	Definición	47
2.4.2	Principios básicos	48
2.4.3	Planeación	51
2.4.4	Procedimiento	52
2.4.4.1	Definición del puesto	52
2.4.4.2	Evaluación	52
2.4.4.3	Retroalimentación	54
3.	SITUACIÓN ACTUAL	55
3.1	Inventario general	55
3.2	Maquinaria y equipo de trituración	57
3.2.1	Tipo de trituradora	57
3.2.2	Descripción	58

3.2.3	Condiciones de la maquinaria	81
3.2.4	Mantenimiento correctivo	84
3.3	Proceso de fabricación	86
3.3.1	Descripción del proceso	86
3.3.2	Diagrama de flujo del proceso	97
3.3.3	Materia prima	99
3.3.4	Capacidad de producción	100
3.3.5	Personal operativo	102
3.3.6	Producto terminado	103
4.	PLAN PROPUESTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	107
4.1	Definición de tareas	107
4.2	Planificación de actividades de mantenimiento	113
4.3	Codificación de equipo	118
4.4	Inventario técnico de maquinaria y equipo	121
4.5	Asignación de actividades de mantenimiento	126
4.6	Rutinas de mantenimiento	127
4.6.1	Área de trituración primaria	128
4.6.1.1	Lubricación	128
4.6.1.2	Limpieza	130
4.6.1.3	Ajustes	131
4.6.2	Área de trituración secundaria	132
4.6.2.1	Lubricación	132
4.6.2.2	Limpieza	133
4.6.2.3	Ajustes	134
4.7	Stock de repuestos	135
4.8	Registro de reparaciones y mantenimiento	137
4.8.1	Obtención de datos	137
4.8.2	Formato de ficha para datos	137

4.9 Supervisión	139
4.9.1 Rutinas de supervisión	139
4.9.2 Formato de ficha para datos	139
4.10 Control de actividades de mantenimiento	141
4.11 Seguimiento	142
4.11.1 Actualización de datos	143
4.11.2 Impresión de reportes	143
4.12 Personal	145
4.12.1 Evaluación del desempeño	145
4.12.1.1 Fijación de objetivos	145
4.12.1.2 Responsables de la evaluación	146
4.12.1.3 Estándares de desempeño	146
4.12.1.4 Programación de evaluación	147
4.12.1.5 Procedimiento	147
4.12.1.5.1 Definición de puestos	147
4.12.1.5.2 Evaluación	150
4.12.1.5.2.1 Criterios de evaluación	150
4.12.1.5.2.2 Guía de calificación	151
4.12.1.5.2.3 Formulario de evaluación	151
4.12.1.5.2.4 Entrevista de evaluación	154
4.12.1.6 Medición del desempeño	155
4.12.1.6.1 Análisis de resultados	156
4.12.1.6.2 Informe de resultados	156
4.12.1.7 Retroalimentación	157
4.12.2 Capacitación de personal	158
4.13 Costo de la propuesta	159
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Croquis del casco urbano del municipio de Santa Catarina Mita, departamento de Jutiapa	2
2	Vista lateral de la planta de trituración Vado Hondo	3
3	Producto triturado	6
4	Producto triturado almacenado	7
5	Equipo de transporte	7
6	Organigrama de la empresa Vado Hondo	9
7	Ensamble de Trituradora de quijadas	13
8	Pitman de trituradora de quijadas	14
9	Trituradora de quijadas	15
10	Vista lateral de trituradora de quijadas	15
11	Trituradora tipo cono	16
12	Interior de trituradora tipo cono	18
13	Ejemplo de diagrama causa-efecto	34
14	Tolva receptora de material	60
15	Tolva alimentadora vibrátil	61
16	Materia prima hacia trituradora primaria	62
17	Parte superior de trituradora primaria	63
18	Trituradora de mandíbulas	65
19	Plataforma de inspección	67
20	Polea de alas autolimpiable	68
21	Polea instalada	68
22	Rodillos de avance	69

23	Rodillos de avance para mejor alineación	69
24	Estructura de banda transportadora	70
25	Parte inferior de zaranda secundaria	71
26	Estructura de soporte de zaranda secundaria	72
27	Parte superior de tolva receptora de material	74
28	Manto, bowl liner y cono de la trituradora secundaria	75
29	Ensamble del cono	76
30	Lubricación del ensamble del cono	77
31	Parte exterior de trituradora tipo cono	78
32	Transportador de producto terminado	80
33	Transportadores de polvillo	81
34	Condición actual de trituradora tipo cono	82
35	Diagrama causa-efecto de fallas en el equipo de trituración	85
36	Reparación de banda transportadora	86
37	Extracción de materia prima	87
38	Carga de materia prima	88
39	Transporte de materia prima	89
40	Cribado primario de materia prima	90
41	Descarga de materia prima	91
42	Alimentador vibrátil	91
43	Trituración de material	92
44	Material hacia zaranda secundaria	92
45	Cribado secundario de material	93
46	Producto final listo para almacenar	94
47	Trituración secundaria	96
48	Bandas transportadoras de retorno	97
49	Diagrama de flujo del proceso de trituración	98
50	Área de extracción de materia prima	99
51	Centros de acopio para producto final	102

52	Producto hacia centro de acopio	104
53	Almacenaje de producto final	104
54	Comprobante de compra	105

TABLAS

I.	Actividades del diagrama de flujo	23
II.	Cuadro de análisis FODA	33
III.	Inventario general de maquinaria y equipo de Vado Hondo	55
IV.	Tiempos de trituración de una camionada de grava de río	101
V.	Tareas de mantenimiento	108
VI.	Planificación anual de actividades de mantenimiento en el área de trituración primaria	114
VII.	Planificación anual de actividades de mantenimiento en el área de trituración secundaria	116
VIII.	Codificación de equipo de trituración primaria	118
IX.	Codificación de equipo de trituración secundaria	120
X.	Codificación de equipo de zaranda secundaria	121
XI.	Inventario técnico de maquinaria y equipo	122
XII.	Boleta de asignación de actividades de mantenimiento	127
XIII.	Rutinas de lubricación en área de trituración primaria	129
XIV.	Rutinas de limpieza en área de trituración primaria	130
XV.	Rutinas de ajustes en área de trituración primaria	131
XVI.	Rutinas de lubricación en área de trituración secundaria	132
XVII.	Rutinas de limpieza en área de trituración secundaria	133
XVIII.	Rutinas de ajustes en área de trituración secundaria	134
XIX.	Stock de repuestos mensual	136
XX.	Ficha de registro de reparación y mantenimiento de equipo	138

XXI.	Formato de ficha para supervisión del mantenimiento	140
XXII.	Ficha de control semanal de actividades de mantenimiento	142
XXIII.	Ficha de actualización de datos	144
XXIV.	Formulario para la definición del puesto	149
XXV.	Guía de calificación para evaluación del desempeño	151
XXVI.	Formulario de evaluación del desempeño	152
XXVII.	Formato de informe de resultado de evaluación del desempeño	157
XXVIII.	Costo anual contemplado para reproducción de documentación técnica de supervisión y control de mantenimiento preventivo	160
XXIX.	Costo mensual contemplado de materiales e insumos necesarios para el mantenimiento preventivo	160
XXX.	Ejemplo de asignación de actividades de mantenimiento	163
XXXI.	Ejemplo de registro de reparación y mantenimiento de equipo	164
XXXII.	Ejemplo de supervisión del mantenimiento	165
XXXIII.	Ejemplo de control semanal de actividades de Mantenimiento	166
XXXIV.	Ejemplo de actualización de datos	167
XXXV.	Ejemplo de definición del puesto	168
XXXVI.	Ejemplo de evaluación del desempeño	170
XXXVII.	Ejemplo de informe de resultado de evaluación del desempeño	172
XXXVIII.	Lista propuesta de proveedores de repuestos	173
XXXIX.	Evaluación del plan de mantenimiento preventivo propuesto a través de la relación beneficio costo	174

GLOSARIO

Avería	Daño que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo, etc.
Badenes	Son causas empedrados para dar paso a un corto caudal de agua, construidos generalmente cerca de un río para el riego de terrenos.
Cribar	Es la actividad por medio de la cual se clasifica el material triturado considerado como producto final, utilizando mallas metálicas instaladas en la zaranda. El material que no pasa a través de las mallas es nuevamente triturado hasta lograr la granulometría que permita su clasificación.
Granulometría	Es el tamaño del producto triturado, las dimensiones del material varían dependiendo de la demanda de los clientes. Las dimensiones deseadas de material son proporcionales a la abertura de las mallas instaladas en la zaranda.

Grava de río

Es el material rocoso de tamaño variable que se encuentra en los ríos en su estado natural y que es utilizado como materia prima en plantas de trituración y en procesos de construcción.

Zaranda

Es el equipo donde se lleva a cabo la clasificación de material triturado, tiene un eje excéntrico el cual hace que el equipo vibre constantemente, haciendo que el material pase a través de unas mallas o cribas instaladas en su interior.

RESUMEN

El proceso productivo de la empresa Vado Hondo está constituido por una serie de etapas que van desde la extracción de la grava de río, trituración primaria, trituración secundaria, hasta el almacenaje del producto triturado considerado como producto final.

En la empresa, la maquinaria y equipo utilizado para el proceso de trituración está constituido por una trituradora de quijadas, que se utiliza como trituradora primaria; una trituradora tipo cono de alto rendimiento, la cual se usa como trituradora secundaria; un sistema de transporte utilizado para el desplazamiento de material entre equipos del sistema de trituración conformado por varias bandas transportadoras, además del equipo de trituración el sistema posee un sistema de cribado para la separación de piedras de distinta granulometría del polvillo y una tolva alimentadora para la trituradora primaria.

Dichas máquinas y equipos están diariamente expuestos a sufrir desgaste o desajustes, disminuyendo de esta manera la vida útil de los mismos; para que ese tiempo de vida sea mayor y libre de interrupciones es necesario el diseño de un plan de mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

General:

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita unificar todos los recursos necesarios para planear, programar, ejecutar, supervisar y controlar las actividades de mantenimiento preventivo tales como lubricación, limpieza y ajustes de la maquinaria y equipo de trituración de grava de río de la empresa Vado Hondo.

Específicos:

1. Elaborar un inventario técnico de la maquinaria y equipo de la planta con su respectivo código de acuerdo al área de ubicación.
2. Determinar las fallas más frecuentes que actualmente ocurren en la maquinaria o equipo de trituración.
3. Definir rutinas de mantenimiento preventivo haciendo uso de manuales e información recolectada del personal operativo.
4. Planificar las actividades de mantenimiento preventivo, según recomendaciones del fabricante y la condición actual de la maquinaria de trituración.

5. Diseñar formatos para llevar el registro de las reparaciones y actividades de mantenimiento aplicadas a la maquinaria y equipo.

6. Establecer un stock de repuestos para minimizar el tiempo ocioso cuando se requiera reemplazar alguna parte o accesorio de la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo pretende reducir las reparaciones o fallas imprevistas, por medio de rutinas de inspección periódicas y la ejecución de actividades necesarias que eviten el daño prematuro de los equipos o alguno de sus elementos. Con el mantenimiento preventivo también se logra obtener la disminución de paradas de producción y la reducción de costos.

El presente trabajo de graduación, desarrollado a través del EPS, describe como realizar el mantenimiento preventivo de las distintas máquinas y equipos de una planta de trituración de grava de río, para que pueda aplicarse y se convierta en un manual básico para realizar los distintos mantenimientos preventivos, y así prolongar el tiempo de vida de la maquinaria y hacer más eficiente la operación.

En este trabajo se describe también una propuesta para evaluar el desempeño del personal encargado de la operación de la maquinaria y equipo de trituración, y poder de esta manera conocer la forma en que realizan las actividades en su puesto de trabajo y tomar las medidas necesarias para corregir y mejorar las áreas débiles.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA VADO HONDO

Vado Hondo es una palabra que significa “cerca del río” y es el nombre que identifica a la empresa ubicada en el municipio de Santa Catarina Mita, del departamento de Jutiapa, en la cual se desarrollan varias actividades relacionadas con el proceso de trituración de grava de río y su comercialización como materia prima en la industria de la construcción. Esta empresa presta los servicios de alquiler de maquinaria de transporte y de construcción, como se describe a continuación en los incisos 1.1 y 1.2.

1.1 Descripción

Constructora y Trituradora Vado Hondo es una empresa cuyas instalaciones se encuentran ubicadas a orillas del río Ostúa en el km. 148.4 de la carretera que conduce al municipio de Santa Catarina Mita, departamento de Jutiapa. La empresa cubre un área territorial de 6,932 m² (45.6 m por 152 m) aproximadamente y colinda con diferentes aldeas siendo estas; al sur se encuentran a unos 600 m la aldea “El Puente” y a 1,600 m la aldea “La Barranca”, hacia el este a 1,900 m la aldea “García” y hacia el norte se encuentra a 1,000 m la cabecera municipal; municipio cuya fuente de trabajo es la zapatería, la agricultura, la ganadería, la alfarería, el comercio; entre otros.

A continuación, en la figura 1 se muestra un croquis del casco urbano del municipio de Santa Catarina Mita, departamento de Jutiapa.

Figura 1. Croquis del casco urbano de Santa Catarina Mita



En la empresa Vado Hondo se lleva a cabo una serie de actividades que forman parte del proceso de explotación, extracción, trituración, clasificación y comercialización de grava, arena de río y los subproductos ligados a dichas actividades tales como piedrín y polvillo. La grava o piedra es extraída del río Ostúa, para luego ser procesada y convertida en producto final, el cual es vendido para ser utilizado como materia prima en proyectos de construcción y pavimentación. La figura 2 muestra una vista lateral de la planta de trituración.

Figura 2. Vista lateral de la planta de trituración Vado Hondo



La empresa inició sus operaciones en agosto de 2004, adquiriendo la maquinaria y equipo con capital propio. Desde entonces, se ha estado produciendo material triturado en diferentes presentaciones para satisfacer las necesidades de los clientes quienes en su mayoría son de la localidad y de lugares vecinos tales como municipalidades y personas particulares dedicadas al negocio de la construcción. Esto ha hecho que la empresa se mantenga en un constante crecimiento.

El personal administrativo y de operación que labora en la empresa es originario del mismo municipio de Santa Catarina Mita; siendo de esta manera fuente de empleo para la población local.

1.2 Productos y servicios

La variedad de materiales necesarios en la industria de la construcción hace que en Vado Hondo se produzcan diversos productos derivados de arena y grava de río, puesto que es la materia prima para la ejecución de proyectos tales como pavimentación, asfaltado, construcción de viviendas, etc.

Para la obtención de grava, el río se ha manejado desde un principio de la siguiente manera:

Se llevó a cabo la preparación del lecho del río cuando éste se encontraba en estado virgen; se construyeron posas de sedimentación para extraer materiales de distinta granulación, estas posas se construyeron a cierta distancia para que en el invierno, cuando el caudal del río crece, arrastre arena y grava para seguir creando futuros bancos de extracción para el verano.

Para ampliar un poco acerca de los productos producidos en Vado Hondo, se describe brevemente cada uno de ellos y las aplicaciones en las que comúnmente son utilizados.

- *Arena fina:* se le llama al material extraído del río, compuesto de partículas minerales de dimensiones milimétricas. La arena junto con la grava y el cemento, es uno de los componentes básicos del hormigón.
- *Arenón:* arena de río mezclada con piedrín de granulación que no exceda a ¼"; normalmente se usa para trabajos considerados de pequeña magnitud, y en otras oportunidades es buscado como medio de ahorro para fundiciones de columnas, por llevar un porcentaje de piedrín.

- *Piedrín de ¾"*: utilizado para todo tipo de construcción, como por ejemplo: terrazas y pequeñas fundiciones como losas y columnas.
- *Piedrín de ½"*: comúnmente es utilizado para fundiciones, construcción de soleras, columnas, pavimentos, carreteras, etc.
- *Polvillo*: se le llama a la grava triturada menor que ¼" de diámetro mezclada con polvo de piedra obtenido del proceso de trituración. Es ideal para la fabricación de adoquines, tubos de cemento vibrado para drenajes, pilas, cajas de registro para contadores, etc.
- *Selecto*: es una base de relleno para nivelación de suelos y colocación de pisos. Lo extraen directamente de bancos de selecto propiedad de la empresa.
- *Piedra clasificada*: se usa para cimentaciones de viviendas, muros de contención para encauzamientos de aguas, por ende la granulación es bien diversificada, la cual oscila entre 4" y 12" de diámetro.
- *Piedra sin clasificar*: contiene un porcentaje mayor de arena que la piedra clasificada, y se usa como material de enlace entre roca y roca, para fabricar bordas y encauzamientos de aguas en ríos, o para construcciones de badenes; también es muy útil como material para relleno y nivelación de terrenos, en este caso específico esta se mezcla con una capa de polvillo sobre una capa de piedra y luego se compacta hasta alcanzar el nivel deseado.

- *Base para asfalto:* está constituida por pedrín de ¼” hasta 2” de diámetro, polvo fino de piedra obtenido durante el proceso de trituración, y una mínima cantidad de arena de río.

En las figuras 3 y 4 se muestra el producto triturado y el producto almacenado respectivamente.

Figura 3. Producto triturado



Figura 4. Producto triturado almacenado



Dentro de los servicios que presta la empresa se encuentra el alquiler de maquinaria tales como: camiones de volteo, excavadora giratoria, retroexcavadora, tractor, cargador frontal, pipa y lowboy. En la figura 5 se muestra la maquinaria antes mencionada.

Figura 5. Equipo de transporte

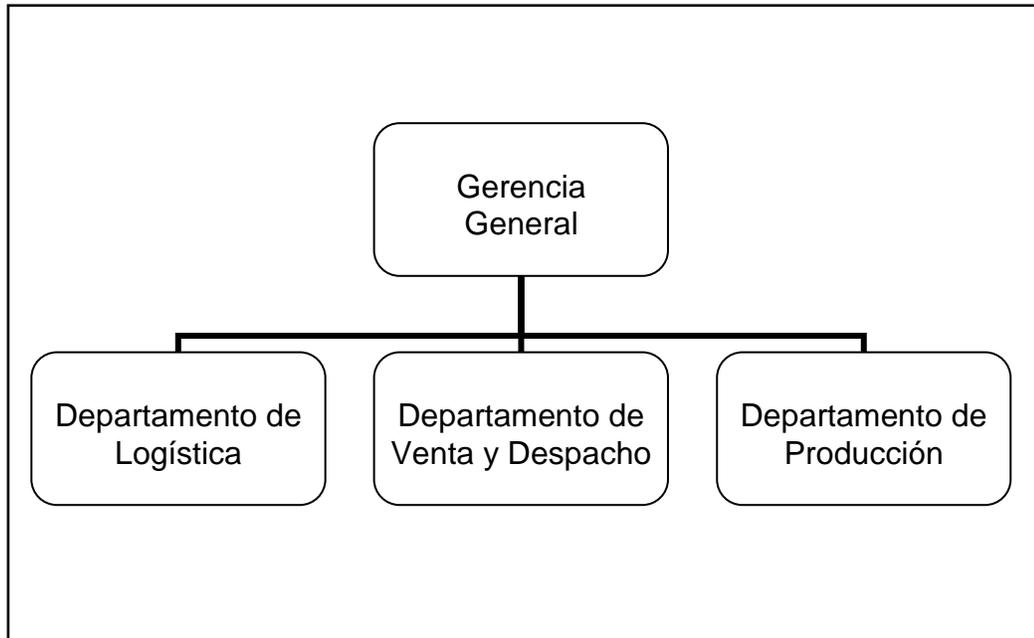


1.3 Estructura organizacional

En la empresa existen tres departamentos distribuidos según las funciones que se desarrollan en los mismos, cuyo organigrama muestra posteriormente la descripción de cada uno de ellos en la figura 6.

- **Departamento de logística:** es donde se lleva el control del traslado de grava de río hacia el área de trituración por medio de camiones de volteo, el encargado del departamento es el jefe de transporte quien lleva un registro diario de la transportación y pilotos asignados para la operación.
- **Departamento de venta y despacho:** en este departamento, se desarrolla el proceso administrativo y el control de las ventas diarias; también se lleva el control de los ingresos económicos de la empresa y de los clientes que compran el material a consignación, así como la deuda que se tiene con los diferentes propietarios de camiones y maquinaria.
- **Departamento de producción:** incluye al personal responsable del proceso productivo, siendo ellos: el gerente de producción y el personal operativo; el gerente de producción programa las actividades diarias y supervisa el proceso de trituración llevando un registro diario del tipo y cantidad de producto triturado. El personal operativo es el encargado del funcionamiento de la maquinaria y equipo de trituración.

Figura 6. Organigrama de la empresa Vado Hondo



2. MARCO TEÓRICO

Incluye la información necesaria para proporcionar una explicación limitada de los términos, conceptos, criterios y lineamientos que respaldan y orientan teóricamente el proceso de desarrollo del plan de mantenimiento preventivo propuesto.

2.1 Maquinaria y equipo de trituración

Las trituradoras son máquinas utilizadas para reducir el tamaño de materiales que son útiles para diferentes procesos como por ejemplo, en la industria de la construcción se utilizan para triturar grava de río el cual se convierte en uno de los componentes principales para elaborar hormigón, base para asfalto y construcción de viviendas. Las máquinas trituradoras usualmente procesan grava de río, pero de igual manera se utilizan para otra clase de roca, por lo cual se requieren chequeos de mantenimiento frecuentes para evitar que la maquinaria se dañe o se deteriore mas aceleradamente a causa de los movimientos bruscos y vibraciones que produce.

El mantenimiento preventivo en las máquinas de trituración es indispensable aplicarlo independientemente del material a triturar, debido a que el equipo constantemente se encuentra produciendo movimientos vibratorios que son parte del proceso. Las vibraciones constantes hacen que en el equipo se produzcan desajustes en algunos componentes principales y en piezas como tornillos; por lo que se necesitan ajustes frecuentes y lubricación en las partes principales del equipo. La aplicación correcta del mantenimiento preventivo permite que se obtengan productos de mejor calidad.

2.1.1 Descripción

Las máquinas trituradoras son fabricadas con materiales resistentes al desgaste y a esfuerzos de impacto. Estos materiales de fabricación son aleaciones combinadas en hierro colado y tungsteno. Las hay generalmente en dos tipos: de mandíbulas o quijadas y de tipo cono.

2.1.2 Tipos de trituradora

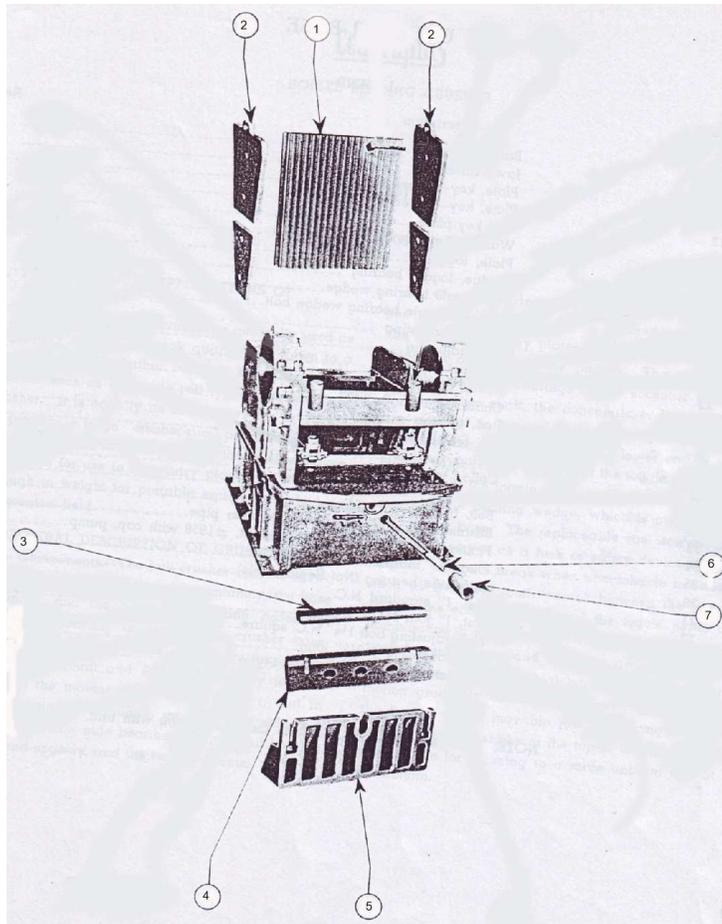
A continuación se describen dos tipos de trituradora: la trituradora de mandíbulas o quijadas y la trituradora tipo cono, ambas máquinas desarrollan la función de disminuir el tamaño de un material a través de impactos constantes entre dos piezas de acero.

a. Trituradora de quijadas

Ésta es generalmente utilizada como máquina primaria de trituración la cual consiste en dos ensambles; llamados, Base y Pitman. El ensamble de la base está constituido por todas aquellas piezas que permanecen fijas o sin movimiento durante el funcionamiento de la máquina, estas piezas son:

- *Quijada estacionaria*: es una base solida construida de acero, la cual permite soportar el impacto entre el material a triturar y la quijada movable.
- *Platos de ajuste*: estos van fijados en la base de la trituradora para evitar que la quijada estacionaria se regrese durante el proceso de trituración.
- Otros mecanismos de ajuste como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Ensamble de trituradora de quijadas



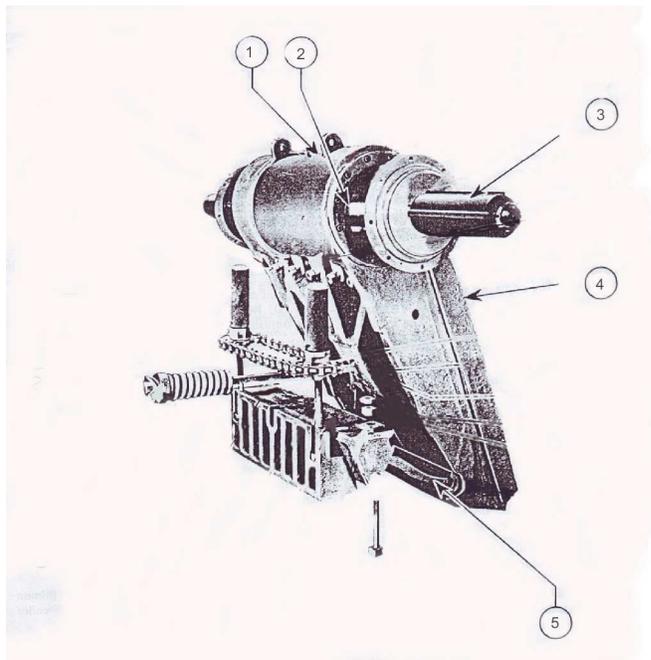
Referencia:

1. Quijada estacionaria
2. Platos de ajuste
3. Barra loca (Toggle plate)
4. Cuña de ajuste de barra loca
5. Cuña de ajuste principal
6. Varilla de tensión
7. Resorte de tensión

Fuente: **Manual Cedarapids Co.**, Pág. 10

El ensamble del Pitman está compuesto por las partes móviles de la trituradora, estas son: eje excéntrico, pitman, quijada móvil y cojinetes del pitman; como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Pitman de trituradora de quijadas



Referencia:

1. Pitman
2. Cojinetes laterales
3. Eje excéntrico
4. Quijada movable
5. Toggle plate

Fuente: **Manual Cedarapids Co.**, Pág. 28

Este tipo de trituradoras son fabricadas para diferentes capacidades de producción dependiendo del tipo de planta en la que se utilice, ya que hay plantas de trituración fijas y portátiles.

En las figuras 9 y 10 se muestra un modelo de trituradora de quijadas. El modelo depende de la capacidad de la maquinaria para triturar material.

Figura 9. Trituradora de quijadas

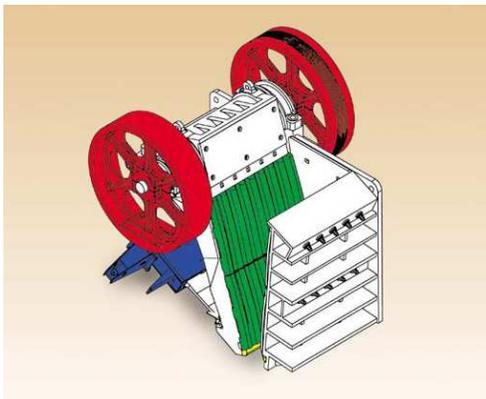
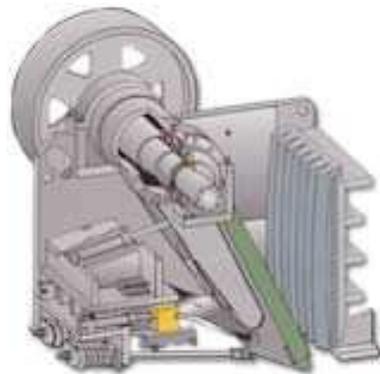


Figura 10. Vista lateral



b. Trituradora de cono

Esta es utilizada como trituradora secundaria y es la que le da al material en trituración la granulometría final deseada. Este tipo de trituradora utiliza cojinetes de rodillo antifricción que transfieren eficientemente potencia a la cámara de trituración y dan un movimiento agresivo del manto para máxima producción. Los depósitos de aceite son autónomos, tomando menos espacio y teniendo en cuenta una instalación más rápida. La figura 11 muestra un modelo de trituradora tipo cono.

Figura 11. Trituradora tipo cono



2.1.3 Principio de operación

Debe chequearse previamente la trituradora, tanto primaria como secundaria, para evaluar que el equipo esté en óptimas condiciones de funcionamiento y no se tenga que parar la producción por fallas que puedan presentarse, caso contrario deben realizarse las operaciones necesarias para corregir los problemas de operación.

a. Trituradora de quijadas

La trituradora de quijadas tritura la grava entre la quijada estacionaria y la quijada movable. La quijada estacionaria está ajustada a la base por medio de los platos de ajuste (figura 7) y la quijada movable está unida al pitman. El pitman está montado sobre dos cojinetes en la parte excéntrica del eje y su parte concéntrica está montada sobre otros dos cojinetes laterales al final del eje. La parte inferior del pitman está ensamblada a un extremo del toggle plate (figura 7 y 8); el otro extremo del toggle plate (barra loca) está unida a la cuña

de ajuste, la cual está adherida a la base de la trituradora. Conforme el eje excéntrico del pitman gira se imparte un movimiento ondulado que hace que la quijada móvil produzca una trituración entre la parte inferior de la quijada móvil y la quijada estacionaria.

b. Trituradora de cono

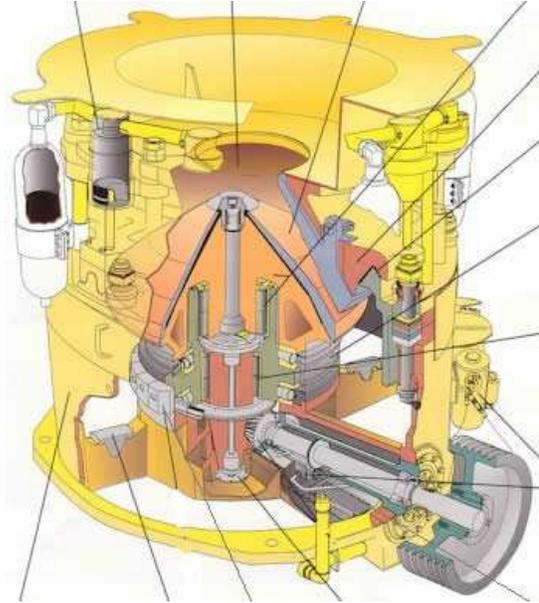
Cuando el material ingresa al área de trituración, un sistema de ensambles en forma de cono con movimiento excéntrico se encarga de triturar el material a las dimensiones deseadas.

Dentro de algunos factores críticos para la apropiada operación de la trituradora están:

- ✓ Mantener una alimentación de material uniforme.
- ✓ No permitir un exceso de humedad en el material de alimentación.
- ✓ No exceder del tamaño permitido de material de alimentación.
- ✓ Asegurarse de que todo el equipo de soporte este en perfectas condiciones de funcionamiento. Esto incluye: bandas transportadoras, motores eléctricos, fajas, etc.

En la figura 12, se muestra el interior de un modelo de trituradora tipo cono.

Figura 12. Interior de trituradora tipo cono



2.2 Procesos productivos

Son la secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto (bienes o servicios). Generalmente existen varias maneras para producir un producto, ya sea este un bien o un servicio. Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción como lo son:

- Eficiencia
- Calidad
- Confiabilidad
- Flexibilidad

2.2.1 Descripción del proceso

Los procesos se pueden clasificar:

- a. Según el tipo de flujo del producto
 - a.1 En línea
 - a.2 Intermitente
 - a.3 Por proyecto

- b. Según el tipo de servicio al cliente
 - b.1 Fabricación para inventarios
 - b.2 Fabricación para surtir pedidos

La selección de cada una de estas clasificaciones es estratégica para la empresa, debido a que unas elevan los costos, otras pueden mejorar la calidad, otras mejoran el servicio al cliente y otras permiten atender cambios rápidos de productos.

a.1 Proceso lineal o por producto

Se caracteriza porque se diseña para producir un determinado bien o servicio mediante una secuencia de operaciones lineal, el tipo de la maquinaria así como la cantidad de la misma y su distribución se realiza con base a un producto definido.

Este tipo de proceso requiere que el producto esté bien estandarizado y que fluya de una operación a otra de acuerdo a una secuencia previamente establecida, debiendo tener el cuidado que ninguna tarea atrase a las

siguientes. Este flujo de proceso puede observarse, por ejemplo, en líneas de ensamble y en cafeterías.

a.2 Proceso intermitente

Se caracteriza por la producción por lotes a intervalos intermitentes. Se organizan en centros de trabajo en los que se agrupan las máquinas similares y los trabajadores respectivos. Un producto fluirá hacia los departamentos o centros que necesite y no utilizará los otros.

En el proceso intermitente las operaciones son ineficientes y de poco control debido al flujo desordenado y variedad de productos pero resulta recomendable su aplicación cuando el volumen del producto es bajo o cuando se trata de un nuevo producto cuyo volumen de mercado es bajo al inicio.

a.3 Proceso por proyecto

Se utiliza para producir productos únicos, tales como: una casa, una lancha, una película. En este caso todo se realiza en un lugar específico y no se puede hablar de un flujo del producto, sino que de una secuencia de actividades a realizar para lograr avanzar en la construcción del proyecto sin tener contratiempos y buena calidad.

Este tipo de proyectos se caracterizan por la dificultad para planearlos, controlarlos y los altos costos que representan.

b.1 Fabricación para inventarios

Este tipo de proceso se caracteriza por proporcionar un servicio rápido con bajos costos aunque la elección de productos no es muy flexible debido a que no se asignan pedidos individuales a los clientes durante el proceso de fabricación.

Las empresas que fabrican productos para inventario deben tener una línea de producción estandarizada y mantener la disponibilidad de sus productos debido a que si al cliente le parece el precio del producto y éste está disponible, entonces procede a llevarse el producto.

Un ejemplo claro de este tipo de proceso es la fabricación de productos enlatados, muebles, vidrio, etc.

b.2 Fabricación para surtir pedidos

Esta clase de proceso satisface los requerimientos específicos de los clientes, las operaciones de fabricación en algunos casos inician hasta que se recibe el pedido particular del cliente, ese pedido puede ser identificado en algún punto del proceso productivo.

El fabricante cotiza un precio y establece un tiempo de entrega basándose en lo que el cliente necesita. La cotización puede ofrecerse de inmediato si el producto está disponible, de lo contrario se presenta en un cierto tiempo.

La eficiencia del proceso para surtir pedidos depende del tiempo de entrega del producto. Algunos ejemplos de este tipo de proceso son los servicios eléctricos, compañía telefónica, líneas de ensamble automotriz, etc.

2.2.2 Medios gráficos de análisis

Son representaciones gráficas de referencia, tales como, diagramas de flujo, de proceso y de recorrido. Utilizados en manuales y como herramienta de análisis, ya que permite identificar aspectos relevantes de una manera más rápida.

2.2.2.1 Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las actividades que tienen lugar en un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Para una mejor comprensión de las actividades que se emplean en un diagrama de flujo, en la tabla I se describe cada una de ellas.

Tabla I. Actividades del diagrama de flujo

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o se está planeando algo.	
Transporte	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	
Inspección	Se produce cuando los artículos son comprobados, verificados, revisados o examinados en relación con la calidad y cantidad, sin que sufran ningún cambio.	
Demora	Se produce cuando las condiciones no permiten una ejecución inmediata de la próxima acción planificada.	
Almacenaje	Se produce cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados. El almacenamiento puede ser temporal o permanente.	
Actividad combinada	Se produce cuando se desea indicar actividades conjuntas en el mismo punto de trabajo.	

Fuente: García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo**. (Vol. 1) 1ª ed. p. 35

2.2.2.2 Diagrama de proceso

Un diagrama del proceso de la operación es una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; puede además comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis, por ejemplo, el tiempo requerido, la situación de cada paso o si sirven los ciclos de fabricación.

Los objetivos del diagrama de las operaciones del proceso son dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Estudiar las fases del proceso en forma sistemática. Mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales. Esto con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos, estudiar las operaciones, para eliminar el tiempo improductivo. Finalmente, estudiar las operaciones y las inspecciones en relación unas con otras dentro de un mismo proceso.

Antes de principiar a construir el diagrama de operaciones de proceso, el analista debe identificarlo con un título escrito en la parte superior de la hoja. Por lo general la información distintiva, que comprende el número de la pieza, el número del dibujo, la descripción del proceso, el método actual o propuesto, y la fecha y el nombre de la persona que elabora el diagrama, llevará el encabezado: "Diagrama de operaciones de proceso". A veces se agrega otra información para identificar completamente el asunto del diagrama. Los datos adicionales pueden ser los nombres o números del diagrama, de la planta, del edificio y del departamento.

Cuando se elabora un diagrama de esta clase se utilizan dos símbolos: un círculo pequeño, que generalmente tiene 10 mm. de diámetro, para representar

una operación, y un cuadrado, con la misma medida por lado, que representa una inspección.

2.2.2.3 Diagrama de recorrido

Se utiliza como complemento del diagrama de flujo de proceso, especialmente cuando en el proceso interviene un espacio considerable sobre el piso. Puede indicar el recorrido inverso y el congestionamiento del tránsito. Es un instrumento necesario para llevar a cabo revisiones de la distribución del equipo en la planta.

El diagrama se traza basándose en algún plano de la planta donde se indique la maquinaria y equipo que se utiliza y las demás instalaciones de la que consta la empresa. Sobre el diagrama se dibuja toda la maquinaria y el recorrido secuencial del proceso productivo.

2.2.3 Materia prima

Cuando se desea diseñar o crear un producto, es necesario pensar y decidir qué materiales se van a utilizar para su fabricación, para ello, es indispensable tener conocimiento de la variedad de materiales disponibles en la naturaleza que podrían utilizarse.

En el caso de algún producto ya diseñado, resulta práctico agregar o sustituir el material por uno mejor y más económico.

Materia prima es entonces el material extraído de la naturaleza que sirve para construir bienes de consumo y se clasifican por su origen en vegetal, animal y mineral. Antes de construir o fabricar definitivamente un bien de

consumo, la materia prima se transforma en un primer paso del proceso en producto semielaborado para convertirse posteriormente en producto final.

2.2.4 Personal

Es el conjunto de empleados o colaboradores de una organización. No solo el esfuerzo o la actividad humana quedan comprendidos en este grupo, sino también otros factores que dan diversas modalidades a esa actividad: conocimientos, experiencias, motivación, aptitudes, actitudes, habilidades, potencialidades, salud, etc.

El trabajador contratado por una empresa para prestar servicios en la misma, está sujeto a las obligaciones establecidas, genéricamente, en el Código de Trabajo y en las cláusulas válidamente establecidas en el contrato de trabajo.

Las personas y las organizaciones tienen objetivos por alcanzar, las organizaciones reclutan y seleccionan sus recursos humanos para alcanzar los objetivos organizacionales, (producción, reducción de costos, ampliación de mercado, satisfacción de necesidades de los clientes, etc.). Incluso después de ser contratados los individuos tienen objetivos personales por los que se esmeran, y muchas veces se valen de la organización para poder alcanzarlos.

El reclutamiento consiste en el conjunto de procedimientos para atraer candidatos que podrían ocupar los puestos disponibles en la organización y suelen utilizarse varios medios como la televisión, la radio, el periódico, volantes u otros medios que faciliten el procedimiento. La etapa de selección de personal es el proceso de elegir a los posibles candidatos a ocupar el puesto luego de haber sido reclutados.

2.2.5 Producto terminado

Es el conjunto de atributos físicos, tangibles e intangibles reunidos en una forma que puede ser identificado. El producto terminado tiene un nombre que lo describe y que todos comprenden.

Cualquier cambio de una característica física (diseño, color, tamaño, etc.) por pequeño que sea, crea otro producto.

Los productos pueden clasificarse, según su durabilidad o tangibilidad en tres grupos: bienes no duraderos, bienes duraderos y bienes de consumo.

1. Bienes no duraderos: son aquellos productos que por lo general se utilizan una sola vez. Los productos alimenticios y la energía eléctrica son ejemplo de esta categoría de productos.

2. Bienes duraderos: son los productos fabricados para resistir el uso constante o frecuente como por ejemplo, maquinaria industrial, vehículos, ropa, refrigeradores, etc.

3. Bienes de consumo: son productos básicos y que normalmente son consumidos a diario o de forma regular como por ejemplo suministros de oficina, productos de limpieza, artículos de mantenimiento y reparación, etc.

2.3 Mantenimiento preventivo

A continuación se muestra una definición de mantenimiento preventivo, las etapas que lo constituyen y las ventajas que representa su correcta aplicación en las organizaciones.

2.3.1 Definición

Salih O. Duffuaa (2006), describe el mantenimiento preventivo como: el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas para que se puedan realizar las funciones designadas.

Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una correcta planificación, programación, control y ejecución de actividades a fin de descubrir y corregir deficiencias que posteriormente puedan ser causa de daños más graves.

El mantenimiento procura contribuir por todos los medios disponibles a reducir, en lo posible, el costo final de la operación de la planta. El propósito del mantenimiento preventivo es mantener operable con el debido grado de eficiencia y eficacia el activo fijo de las empresas. Engloba al conjunto de actividades necesarias para:

- Mantener una instalación o equipo en funcionamiento.
- Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

El mantenimiento incide, por lo tanto, en la cantidad y calidad de la producción.

En efecto, la cantidad de producción a un nivel de calidad dado, está determinada por la capacidad instalada de producción y por su disponibilidad,

entendiéndose por tal al cociente del tiempo efectivo de producción entre la suma de este y el tiempo de parada por mantenimiento.

El hacer mantenimiento no implica reparar algún equipo tan pronto como se pueda, sino mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento. La primera prioridad del mantenimiento es prevenir fallas para reducir los riesgos de paradas imprevistas.

El mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

El objetivo del mantenimiento preventivo es asegurar la disponibilidad planeada al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones y las normas de seguridad.

2.3.2 Ventajas de implementación

El mantenimiento preventivo constituye un sistema dentro de toda organización industrial, cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad y calidad durante un período dado.

El mantenimiento preventivo representa uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan.

Cualquier programa de mantenimiento preventivo bien elaborado, producirá beneficios que sobrepasen su costo.

El mantenimiento preventivo representa una serie de beneficios dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Incremento de la vida útil de la maquinaria y equipo.
- Menores paros de producción causados por fallas en el equipo.
- Reducción en los costos de reparación.
- Menor costo unitario de producción.
- Eliminación o reducción de accidentes.
- Aumento de calidad del producto.
- Mejor prestigio en la imagen de la empresa.
- Mejores relaciones industriales.

Al respecto, debe destacarse que:

- Mantenimiento no es un costo;
- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación;
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional;
- Implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica y/o reacondiciona total o parcialmente, etc.;
- Requiere información e insumos y produce resultados e información.

2.3.3 Etapas de un plan de mantenimiento preventivo

Estas fases o etapas describen el proceso de ejecución del mantenimiento preventivo, el cual es aplicado para alargar la vida útil de maquinaria y equipo e instalaciones de una empresa, y conservarlos en óptimas condiciones de funcionamiento. A continuación se describe cada una de ellas de forma general.

2.3.3.1 Inventario técnico

Es el registro de la maquinaria y equipo existentes en una planta. Para ello se hace uso de fichas o formatos debidamente diseñados para que contengan la información técnica que describen al equipo.

La información recolectada a través del inventario técnico de equipos es de utilidad entre otras para:

- a) conocer la cantidad, tipo, características técnicas y localización de los equipos con que cuenta la planta.
- b) Establecer el estado actual de funcionamiento de cada uno de los equipos.
- c) Identificar a los distribuidores y a los fabricantes del equipo.

El inventario técnico debe actualizarse cada año verificando aquellos datos propensos a cambiar, como estado del equipo, ubicación, etc. En general, los datos más importantes, y a los cuales debe prestarse especial atención son: marca, modelo, número de serie, fabricante, número de teléfono o dirección del fabricante o distribuidor, año de fabricación, precio y otros que el departamento de mantenimiento determine de importancia para su ejecución.

El inventario técnico es entonces una fuente de información necesaria para preparar, ejecutar, controlar y supervisar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

2.3.3.2 Diagnóstico preliminar

Es el paso clave para desarrollar la fundamentación de un plan de mantenimiento preventivo. Consiste en efectuar una visualización instantánea del lugar donde se piensa realizar el proyecto. Se trata de percibir el mayor número de factores que intervienen en el entorno en estudio e identificar aquellos que pueden ser modificables.

Existen varias herramientas que pueden utilizarse para realizar el diagnóstico preliminar, entre ellas se pueden mencionar:

a. Análisis FODA

Es una herramienta que provee la información necesaria para la implantación de acciones correctivas o de mejora de un proyecto. Las siglas FODA significan: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas respectivamente.

Las fortalezas y debilidades corresponden al ámbito interno de la organización y que pueden ser controladas, se debe realizar el análisis de cuáles son esas fortalezas con las que cuenta y cuáles las debilidades que obstaculizan el cumplimiento de los objetivos. Por otro lado, las amenazas son de ámbito externo y que no están bajo el control de la organización, podrían incluir los problemas de inflación, escasez de energía, cambios tecnológicos, aumento de la población. En general, tanto las amenazas como las

oportunidades podrían quedar agrupadas en las siguientes categorías: factores económicos, sociales o políticos, factores demográficos, mercados y otros.

La importancia de revisar las oportunidades, es de vital trascendencia, ya que en función de la seriedad del análisis se tendrá una imagen clara de lo que el exterior puede proporcionar con una adecuada selección de estrategias para su aprovechamiento como se muestra en el cuadro de análisis en la tabla II.

Tabla II. Cuadro de análisis FODA

FORTALEZAS: F1 F2 ... Fn	DEBILIDADES: D1 D2 ... Dn
OPORTUNIDADES: O1 O2 ... On	AMENAZAS: A1 A2 ... An

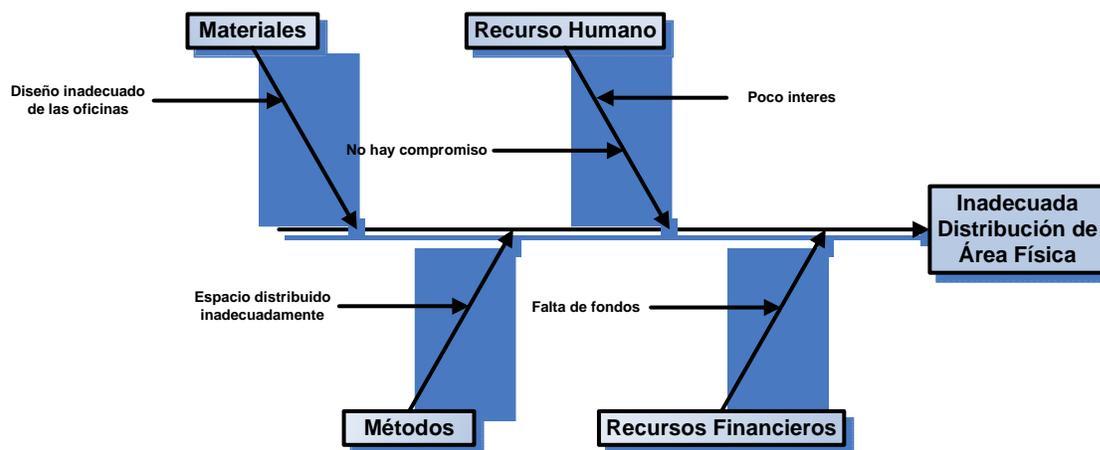
b. Diagrama causa y efecto

Es un gráfico que muestra de forma sistemática las relaciones entre el problema y sus causas, con el fin de ordenar y relacionar la interacción de los factores que afectan un proceso. El diagrama de Ishikawa comúnmente llamado de causa y efecto o espina de pescado es de mucha utilidad para establecer políticas para la solución de problemas, para establecer mecanismos de prevención de defectos, para facilitar el entrenamiento de la empresa, así como para presentar informes claros y compactos.

El procedimiento es sencillo: primero se define el problema (causa) clara y objetivamente, luego se definen las categorías principales de las posibles causas y se insertan en rectángulos, luego se detectan las causas de cada categoría y se ubican dentro de las ramas establecidas, luego se desarrollan las ramas dentro de cada causa y por último, se identifican las causas raíz fundamentales del problema.

La figura 13 muestra un ejemplo de la elaboración de un diagrama causa-efecto.

Figura 13. Ejemplo de diagrama causa-efecto



La figura anterior es un ejemplo en el que se muestran las posibles causas del problema de distribución del área física de una empresa. Los factores que intervienen son:

- **Materiales:** el diseño de las oficinas no es el apropiado.
- **Recurso humano:** el personal tiene poco interés en realizar el trabajo y no existe un compromiso para hacer bien las cosas.

- **Métodos utilizados:** el espacio para las oficinas está mal distribuido.
- **Recursos financieros:** no se cuenta con los fondos económicos necesarios para una correcta distribución del área de la empresa.

2.3.3.3 Determinación del personal de mantenimiento

El personal de mantenimiento es uno de los componentes fundamentales para alcanzar el nivel requerido de desempeño para lograr los objetivos de mantenimiento propuestos. El personal adecuado de mantenimiento debe tener un perfil que permita enfrentar con éxito los retos planteados, dicho perfil requiere de sólidos conocimientos de mantenimiento y reparación de equipo.

En lugar de la posible adición de uno o más empleados, el mismo personal de la empresa puede ser capaz de ejecutar el programa de mantenimiento que se pretende llevar a cabo. Algunas empresas prefieren manejar el mantenimiento preventivo a través de una división separada de inspectores y supervisores.

2.3.3.4 Procedimientos técnicos

Es el listado detallado de trabajos de mantenimiento preventivo a efectuar periódicamente, con el fin de reducir al máximo las reparaciones imprevistas. Estos procedimientos forman parte de un plan de mantenimiento donde se realizan las acciones necesarias, como por ejemplo: engrase, cambio de correas, limpieza, lubricación, ajustes, y todas aquellas actividades dedicadas a la optimización de las condiciones de funcionamiento de un equipo o instalación.

2.3.3.5 Control de frecuencias

Es la etapa donde se indican los períodos en que deben realizarse los trabajos de mantenimiento preventivo, de acuerdo al tipo de maquinaria y equipo. Esto permite establecer la secuencia adecuada de los trabajos importantes para asegurar que cada tarea se cumpla de la forma más efectiva.

Es necesario tomar en cuenta que alguna parte o elemento de una máquina podría requerir mayor frecuencia de trabajos de mantenimiento, como por ejemplo, limpieza diaria, un ajuste semanal, una inspección de funcionamiento mensual o una reparación anual de todo el equipo.

Hay empresas donde las fechas para aplicar mantenimiento preventivo se postergan debido a la alta demanda de sus productos, ya que deben cumplir con el tiempo de entrega estipulado al cliente.

2.3.3.6 Determinación de stock de repuestos

La experiencia y la actividad de una planta influyen como regla en la selección de partes y repuestos de la maquinaria y equipo que posee, y en la elección de las cantidades máximas y mínimas para tener en existencia. Muchos jefes de mantenimiento analizan las recomendaciones de los fabricantes y señalan los requerimientos por cada tipo de máquina o de equipo.

Un stock de repuestos bien organizado es indispensable para un programa exitoso de mantenimiento preventivo. Si no tiene las partes o accesorios cuando sus inspectores los necesitan, pudo haberse logrado lo mismo sin inspección. Hay plantas que llegan hasta almacenar partes o repuestos básicos en las áreas de producción, para minimizar el tiempo ocioso.

A menudo estas partes se anotan en los registros de equipo de la planta. El plan para asignarles los números de serie o el código de la empresa minimiza las duplicaciones y ayuda a identificar en forma rápida y exacta las partes que se necesitan.

Para establecer un stock de repuestos, además de hacer uso de la observación directa de maquinaria y equipo, se puede recurrir a la consulta de historiales o registros que la empresa posee de repuestos que han sido utilizados en reparaciones anteriores, en los historiales se puede observar la fecha de reparación, las partes reemplazadas, los costos de reparación, y algunos otros datos que permitan determinar aquellos elementos que representan un beneficio tenerlos disponibles para cualquier emergencia, para imprevisto o por mantenimiento preventivo en el área de producción.

En caso de no existir ningún registro de reparaciones o compra de repuestos, como es el caso de empresas pequeñas que no tienen mucho tiempo de haber iniciado sus operaciones y empiezan su etapa de crecimiento, el método conocido como Sistematización de Experiencias, es una herramienta eficaz que puede ser utilizada. Las personas que tienen contacto diario con el equipo de una planta, conocen muy bien su funcionamiento y pueden brindar valiosa información.

La sistematización de experiencias es la creación de conocimientos a partir de las experiencias en el área de trabajo, a través de entrevistas directas al gerente de producción y a los trabajadores, puede obtenerse datos importantes que pueden ser utilizados para determinar cuáles son las partes críticas de un equipo, qué componentes se cambian frecuentemente o cuáles son los elementos que fallan mas a menudo. Toda esta información puede ser procesada para convertirse en un instrumento de apoyo para el establecimiento

de un stock de repuestos adecuado contando de esta manera con la disponibilidad de componentes requeridos.

a. Repuestos

Los repuestos se almacenan a fin de minimizar el tiempo muerto del equipo. Los repuestos pueden subdividirse en las siguientes categorías:

- a.1 Piezas relativamente caras.
- a.2 Piezas especializadas para emplearse en un número limitado de máquinas.
- a.3 Repuestos que tienen tiempos de entrega mayores que la demanda normal.
- a.4 Repuestos que tienen una rotación lenta.
- a.5 Repuestos críticos, cuya falta de disponibilidad podría causar un costoso tiempo muerto o tener un efecto negativo en la seguridad.

Los repuestos se almacenan sólo cuando los riesgos de no contar con ellos sobrepasan el costo total de tenerlos en existencia durante un período predicho.

b. Existencias del mantenimiento normal

Esta categoría comprende los elementos que no tienen un uso especializado, pero que tienen un requerimiento definido y una rotación corta. Ejemplos de esta categoría son los rodamientos que se utilizan comúnmente, tuberías y accesorios, cables eléctricos, interruptores, madera, pernos, varillas para soldar, etc. Las decisiones acerca de qué cantidad debe tenerse en existencia y cuándo ordenar en el caso de las existencias de mantenimiento

normal, pueden manejarse de una manera más rutinaria que en el caso de los repuestos.

c. Herramientas

Generalmente son dispositivos o instrumentos fabricados para facilitar la aplicación de energía a una pieza durante la realización de una tarea. Las herramientas pueden ser manuales y mecánicas. Las manuales son diseñadas para ser utilizadas por medio de fuerza muscular humana como por ejemplo martillos, destornilladores, pinzas, etc. Las herramientas mecánicas utilizan una fuente de energía externa como por ejemplo, la energía eléctrica para su funcionamiento tales como las máquinas herramientas.

Las herramientas son dispositivos indispensables para la ejecución de mantenimiento preventivo, debido a que por medio de ellas se realizan actividades que requieren la aplicación de energía como por ejemplo, el ajuste o desmonte de las piezas de una máquina.

2.3.3.7 Capacitación del personal

Es imperativo que el personal de mantenimiento adquiera la tecnología y las habilidades requeridas que le permitan desarrollar todo su potencial.

Los trabajadores de mantenimiento por lo general se concentran en una especialidad, y tienen más libertad de acción que los trabajadores de producción. Requieren una extensa capacitación y experiencia para estar plenamente calificados. El trabajo de mantenimiento presenta diferentes niveles de procesamiento de información y toma de decisiones.

Las actividades de la capacitación en mantenimiento pueden considerarse bajo la forma de un ciclo, tal como:

- a. Políticas de capacitación: se establecen claramente la visión, los objetivos a largo plazo del programa de capacitación y las prioridades de la organización en la capacitación.
- b. Evaluación de la situación actual: se revisa si el equipo está operando normalmente y diagnosticar las posibles causas de las anomalías.
- c. Análisis de necesidades: se identifica el desempeño deseado, las causas fundamentales de las deficiencias y se seleccionan las soluciones apropiadas.
- d. Diseño de un programa de capacitación: para desarrollarlo, se debe construir un programa que avance paso a paso desde las habilidades elementales, pasando por las básicas e intermedias, hasta las avanzadas.
- e. Implantación del programa de capacitación: se da la atención debida que tiene la empresa, los niveles de destrezas requeridos para su mantenimiento, los temas específicos a enseñar y la cantidad de tiempo que debe dedicarse a la enseñanza de estos temas.
- f. Evaluación de la eficacia: durante esta evaluación, se deberá observar el avance de los individuos en el desarrollo de habilidades. Las revisiones periódicas de las destrezas, el sistema de capacitación, los procesos de capacitación y el plan de estudios son ingredientes esenciales para la mejora continua.

Toda gerencia de mantenimiento debe considerar estas actividades como prioritarias para lograr así el desarrollo y desempeño profesional de su planilla, independientemente de su posición y nivel educativo.

A estos efectos, deberán definirse sus objetivos, metodología a emplear para su desarrollo e incentivos a aplicar para estimular al personal en su capacitación y entrenamiento continuos.

Los programas permanentes de capacitación y entrenamiento tienen, entre otras, las metas siguientes:

- Facilitar una ejecución más eficiente de sus tareas específicas.
- Introducir nuevas tecnologías y/o equipos.
- Insistir en los conceptos básicos de seguridad e higiene industriales.
- Adiestrarlos en el control preventivo de siniestros y en su combate en caso éstos se desarrollen.
- Conocer los fundamentos de los procesos de elaboración utilizados en la empresa con particular énfasis en vincular la incidencia de la operación de los equipos e instalaciones en la calidad y cantidad de los productos resultantes de aquella, así como de los desechos y/o rechazos debidos a su mal o regular funcionamiento.
- Mejorar la capacidad profesional y de gestión del personal y de sus supervisores.
- Inducir la introducción de un manejo computarizado de la información del departamento.

Estos programas se desarrollarán periódicamente bajo el control del área responsable de los recursos humanos y la participación de mantenimiento.

2.3.3.8 Determinación de costos

Los costos a considerar dentro de un plan de mantenimiento normalmente utilizan seis categorías. Estas son: equipo, suministros, mano de obra, servicios exteriores, gastos directos del departamento de mantenimiento y gastos indirectos de la planta.

- a. El equipo normalmente está constituido por los artículos que una empresa adquiere como un solo conjunto para llevar a cabo los procesos productivos. Motores eléctricos, bandas transportadoras, instrumentos para soldar, etc., son algunos ejemplos de equipo.
- b. Los suministros son aquellos artículos que normalmente son almacenados para ser utilizados en el momento requerido. Los suministros incluyen artículos como tuercas, pernos, tubos y accesorios para tubos, metal en hojas y otros artículos comprados normalmente por mayoreo.
- c. La mano de obra, es el tiempo del personal en una tarea específica. Se considera normalmente el tiempo empleado por un técnico o un obrero en la ejecución de las actividades requeridas de mantenimiento. Existe la mano de obra directa e indirecta.

La mano de obra directa es el recurso humano que realiza las tareas de mantenimiento específicamente tales como lubricación de chumaceras, limpieza de equipo, ajustes de maquinaria, etc. La mano de obra indirecta

es el personal que no tiene un contacto directo con las tareas de mantenimiento, por ejemplo, los supervisores o el personal de almacén cuya función afecta a varios trabajos no solamente las actividades de mantenimiento.

- d. Los servicios exteriores están generalmente en la forma de mano de obra ejecutada a través de un contratista o proveedor, en donde tanto los gastos indirectos como la ganancia del proveedor están incluidos en la factura.
- e. Los gastos directos del departamento de mantenimiento cubren todos los gastos de la operación del departamento de mantenimiento que no se pueden cargar directamente a unidades específicas de trabajo.
- f. Los gastos indirectos de la planta incluyen aquellos gastos administrativos de la planta que deben ser compartidos por todos los departamentos, incluyendo mantenimiento. Por ejemplo, el salario de una secretaria, pagos de energía eléctrica, agua, teléfono, entre otros.

2.3.3.9 Supervisión

Consiste en vigilar y guiar a los subordinados de tal forma que las actividades se realicen adecuadamente. Supervisar los logros o la evolución de un proyecto quiere decir seguir periódicamente la evolución de algunos parámetros o de algunas actividades.

La supervisión de un plan de mantenimiento debe llevarse a cabo directamente por el ingeniero o encargado del desarrollo del plan. Para esto, debe tener lo siguiente:

- a. *Informes de labores.* Deben ser presentados semanalmente por técnicos y operadores y deben corresponder con las órdenes de trabajo recibidas. Las causas de no correspondencia entre órdenes de trabajo y el informe deben quedar claramente especificadas. El formato de estos informes debe ser claro. El procedimiento de los informes brindará la retroalimentación que la supervisión debe entregar al sistema.

- b. *Reportes de operación de la planta.* Esta información es importante para evaluar los resultados de la aplicación del plan de mantenimiento. Los operadores son un agente externo al departamento y proporcionan un punto de vista independiente sobre la calidad del servicio que reciben. La forma de recolectar esta información debe ser coordinada con el departamento de producción de la empresa.

- c. *Evaluación en el sitio.* Se requiere una evaluación periódica por parte del ingeniero acerca de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta. Esa evaluación puede basarse en un programa aleatorio de mediciones e inspección que permitan un control cruzado de la labor de sus técnicos. La toma de decisiones deberá estar basada en el análisis de toda esta información recopilada.

Respecto a los supervisores, estos son el enlace entre la gerencia y los trabajadores encargados de realizar las tareas de mantenimiento. Su capacitación debe ser preferentemente técnica que cubra como mínimo, la mayoría de las técnicas del trabajo requeridas en el área de mantenimiento. También debe contar con un conocimiento general de la tecnología de los procesos productivos y servicios, así como conocer los conceptos básicos de limpieza, higiene y seguridad industrial. También se requiere que sean líderes,

cuenten con aptitudes para dirigir y motivar al personal a su cargo en la correcta y eficiente ejecución de las tareas.

2.3.3.10 Control

Esta tarea comprende las siguientes fases:

- Disponer de los datos técnicos inherentes a cada uno de los equipos que componen el activo fijo de la empresa y del historial de actualización de los mismos para predecir el tiempo para su reparación.
- Generar el plan de revisiones periódicas de los equipos o de algunas de sus piezas o componentes críticos y, para cada una de ellas, la orden de revisión correspondiente. El plan debe incluir herramientas de posible uso, normas para realizar el trabajo y autorización para su ejecución.
- Controlar la ejecución del plan y captar la información generada.
- Analizar técnicamente las revisiones, estudiando el comportamiento de los componentes críticos de los equipos para determinar la probabilidad de las posibles roturas.
- Generar el plan de reparaciones coordinándolo con los departamentos involucrados, es decir, las órdenes de reparación. Éstas indican información general similar a las órdenes de revisión, así como qué personal las ejecutará y los materiales y repuestos a consumir.
- Controlar la ejecución del plan de reparaciones y captar la información correspondiente, tanto técnica como de los costos de su ejecución.

- Analizar el comportamiento de los equipos.

- Disponer y procesar la información requerida para controlar la gestión de mantenimiento. La información surge de los documentos anteriores (órdenes de revisión y de reparación) y comprende tiempos de parada de los equipos, costo de las reparaciones efectuadas, rendimiento de la mano de obra ocupada (propia o contratada), trabajos realizados en talleres propios o contratados, etc.

Este conjunto de tareas, en su mayoría de naturaleza administrativa, pueden realizarse fácilmente mediante el empleo de sistemas computarizados. Al presente, se requiere que el personal necesario para el desarrollo de estas actividades cuente con nivel de formación administrativo-contable y con conocimientos de manejo computarizado de la información.

El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia. De manera resumida un sistema eficaz de control debe incorporar todas las siguientes características:

- a. Demanda de mantenimiento (es decir, qué trabajo tiene que hacerse y cuándo).
- b. Recursos de mantenimiento (es decir, quién hará el trabajo y qué materiales y herramientas se necesitan).
- c. Procedimientos y medios para coordinar, programar y ejecutar el trabajo.
- d. Retroalimentación (es decir, el sistema debe generar información y reportes de las condiciones de la planta).

2.4 Evaluación de desempeño

En esta parte se describe lo referente a uno de los métodos que se utilizan en las organizaciones para tomar decisiones en relación al rendimiento del personal en sus puestos de trabajo. Este método se conoce como evaluación de desempeño el cual se puede definir como se presenta a continuación.

2.4.1 Definición

George Robert Terry y Stephen Franklin, en su libro Principios de Administración (1987), definen la evaluación del desempeño como: el proceso por el cual se estima el rendimiento del empleado para tener información en la toma de decisiones.

Si el desempeño es inferior a lo estipulado, deben emprenderse acciones correctivas; si el desempeño es satisfactorio, debe ser alentado. Hay varias razones por las cuales debe evaluarse al empleado. En algunos casos se busca beneficiar al trabajador y en otros, el principal beneficiario es la organización, aunque existen aquellos en los que se satisfacen ambas partes.

El objetivo de la evaluación del desempeño es dar una descripción exacta y confiable de la manera en que el empleado lleva a cabo las actividades del puesto.

Evaluar el desempeño de una persona significa evaluar el cumplimiento de sus funciones y responsabilidades, así como el rendimiento y los logros obtenidos de acuerdo con el cargo que ejerce, durante un tiempo determinado y de conformidad con los resultados esperados por la institución u organización laboral.

La evaluación del desempeño pretende dar a conocer a la persona evaluada, cuáles son sus aspectos fuertes o sus fortalezas y cuáles son los aspectos que requieren un plan de mejoramiento o acciones enfocadas hacia el crecimiento y desarrollo continuo, tanto personal como profesional, para impactar sus resultados de forma positiva.

2.4.2 Principios básicos

Como principio se entiende el valor supremo que dirige la conducta de una persona y que se asume como inviolable si se es coherente entre la práctica y el razonamiento.

Los principios que rigen la evaluación son:

a. Objetividad

La evaluación cumple con el principio de objetividad cuando el proceso:

- Identifica diferentes fuentes - personales y documentales – para generar la información y las evidencias, sobre las cuales se basa el juicio de valor acerca del desempeño.
- Utiliza la contrastación de información proveniente de diferentes fuentes para encontrar concordancias y resolver discrepancias.
- Prescinde de criterios subjetivos en las valorizaciones asignadas.
- Determina los procedimientos y las competencias de las instancias que participan en el proceso de evaluación.

b. Pertinencia

La evaluación cumple este principio cuando:

- Evalúa lo que debe evaluar de acuerdo con las funciones y responsabilidades del evaluado.
- Facilita una distribución razonable de las valorizaciones en diferentes posiciones que permite distinguir adecuadamente desempeños inferiores, medios y superiores.

c. Transparencia

La evaluación es transparente cuando:

- Hay un amplio conocimiento por parte del evaluador y evaluado de los criterios, instrumentos y procedimientos de evaluación.
- Se acuerda y establece el período laboral que se va a evaluar.
- Se basa en información cualitativa o cuantitativa, fiablemente soportada.

d. Participación

La evaluación cumple con este principio cuando:

- La relación entre el evaluado y evaluador está abierta al diálogo y al consenso.

- El evaluado se involucra activamente en la planeación y formulación de los objetivos del plan de desarrollo profesional.
- El evaluador está dispuesto a ayudar a los evaluados a pasar de una situación dada en los aspectos detectados, a otra de mejor desempeño.
- El evaluado mantiene una actitud de receptividad a las sugerencias y experiencias enriquecedoras que le permitan iniciar los cambios que requiera.

e. Equidad

Se cumple este principio cuando:

- e.1 El evaluador es justo con el evaluado, con la institución donde trabaja y la comunidad.
- e.2 El evaluado le asigna la valoración que cada uno se merece.
- e.3 Se aplican los mismos criterios de evaluación a un grupo de evaluados que se encuentran en las mismas condiciones.

Por lo tanto, la evaluación del desempeño debe estar fundamentada en una serie de principios básicos. Estos son:

- La evaluación del desempeño debe estar unida al desarrollo del personal de la empresa.
- Los estándares en los que se basa la evaluación del desempeño deben ser completamente verificables.

- La evaluación del desempeño debe elevar la calidad de la actuación y de los resultados de los empleados.
- El evaluado debe saber con anticipación la fecha de la evaluación.

2.4.3 Planeación

El proceso de evaluación debe contar con un momento de preparación que garantice:

- a. Total conocimiento y plena comprensión del proceso general de la evaluación por parte del personal de la empresa.
- b. Conformación del equipo evaluador para la recolección de información y seguimiento al plan de desarrollo profesional.
- c. Conocimiento de los instrumentos y la metodología por parte del equipo evaluador y los evaluados.
- d. Organización del proceso para todo el año.
- e. Definición y concertación de los criterios y los instrumentos necesarios para la recolección de la información, el seguimiento a los compromisos, el registro de las observaciones, diálogos, reuniones y demás actividades en torno a la evaluación de desempeño y el plan de desarrollo.

La etapa de planeación es la etapa que da la base para evaluar el desempeño por medio del cumplimiento de metas y actividades cotidianas. Esta

es la parte en donde se establecen las metas a alcanzar y las actividades cotidianas que se deben realizar en el puesto de trabajo.

2.4.4 Procedimiento

La evaluación de desempeño consta de una serie de etapas diseñadas para su correcta aplicación al momento de querer verificar y evaluar el cumplimiento de las tareas y responsabilidades del personal que labora en una organización. A continuación se describen las etapas del procedimiento de evaluación del desempeño.

2.4.4.1 Definición del puesto

Significa asegurarse que el supervisor y el subordinado están de acuerdo con las responsabilidades y los criterios de desempeño del puesto. El supervisor o jefe inmediato le explica detalladamente al trabajador todas las actividades a cumplir en el puesto de trabajo y lo que la empresa espera de el, a fin de alcanzar los objetivos propuestos.

2.4.4.2 Evaluación

Significa comparar el rendimiento real del subordinado con los criterios de desempeño determinados.

Mediante la evaluación se comparan las cualidades de la persona que desempeña una función, o sus resultados, con determinados índices de medición (criterios). Se trata del patrón o guía marcado por los responsables del sistema, basado en la comparación de los hechos o actuaciones que se tienen que valorar.

Los responsables del diseño o implantación del sistema deben encontrar un método (alineado con el enfoque y con los criterios seleccionados) idóneo para tener en cuenta, y dejar reflejada, la aportación concreta de cada individuo con un alto grado de objetividad.

a. Evaluación por objetivos

Se comparan los resultados logrados por el individuo con los resultados que se esperaban de él, y se analizan las causas que han podido generar las diferencias que aparezcan.

Para poder aplicar este sistema, el evaluado ha de conocer al inicio del período los objetivos o resultados que deben conseguir. Cuando se comunican los objetivos, en definitiva, se están estableciendo los criterios mediante los cuales ese individuo va a ser evaluado, diferentes en cada caso particular.

b. Evaluación por escalas

Se establecen unos niveles de rendimiento para cada uno de los criterios que se van a evaluar. Es uno de los sistemas más utilizados habitualmente. El evaluador tiene que señalar para cada criterio el punto de la escala que especifique el desempeño del evaluado, lo que se suele utilizar para medir los criterios relacionados con la evaluación de las personas referidos a cualidades, conocimientos, etc. Lo normal es que a todos los criterios se les aplique una misma escala, aunque las escalas pueden ser de diferentes tipos.

La escala consiste en una serie de grados, a través de números, letras o adjetivos que se establecen de forma creciente (por ejemplo, 1,2,3,4,5 o

A,B,C,D,E o bajo, regular, normal, bueno, excelente), referidos a un nivel de consecución o de desempeño diferente.

2.4.4.3 Retroalimentación

Esta es la parte donde se comenta el desempeño y progresos del subordinado y se hacen planes para cualquier desarrollo que se requiera. Con la retroalimentación se puede comprobar si el propósito de la evaluación se comprendió.

Por medio de la retroalimentación, se puede hacer saber al empleado cómo está realizando sus actividades en el área de trabajo y si el cumplimiento de sus responsabilidades está de acuerdo con las expectativas de la empresa; eso ayudará al trabajador a tener presente el resultado de las acciones pasadas durante la ejecución de acciones futuras y poder reforzarlos.

La retroalimentación la puede realizar el supervisor o jefe inmediato del trabajador, utilizando como herramienta la entrevista directa, teniendo al alcance la hoja de evaluación para que el subordinado observe los puntos fuertes y/o débiles que se encontraron al analizar su desempeño.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Inventario general

La maquinaria y equipo que actualmente utiliza la empresa Vado Hondo en sus instalaciones para llevar a cabo el proceso de trituración, incluye equipo de extracción de materia prima, equipo de transporte de material, equipo de clasificación, maquinaria de trituración, bandas transportadoras, etc. Como se muestra en la Tabla III.

Tabla III. Inventario general de maquinaria y equipo de Vado Hondo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
2	Máquinas retroexcavadoras	Marca: Caterpillar línea 416B Modelo: 2005 Capacidad de carga: 10 ton.
2	Máquinas excavadoras	Marca: Hyundai Serie: Robex 210 LC-7
1	Máquina excavadora	Marca: Link Belt Serie No.: E616-5366 Modelo: 1996
1	Máquina excavadora	Marca Komatsu Modelo: PC 200 Año: 2003
1	Tractor de orugas	Marca: Dresser Modelo: TD 15E Serie: 31035

1	Tractor de orugas	Marca: Caterpillar Línea 5DB Serie No.: 25X554
1	Pipa contenedora	Marca: Hino Capacidad: 3,000 galones
1	Camión mezclador	Marca: Mack DM6855 6x4 Año: 1986 Capacidad: 15 toneladas
1	Camión mezclador	Marca: GMC Brigadier 6x4 Año: 1988 Capacidad: 15 toneladas
2	Camiones de volteo	Marca: Freighliner Modelo: 1999 Capacidad: 20 ton.
3	Camiones de volteo	Marca: Ford Capacidad: 15 toneladas
1	Cabezal	Marca: Mack Línea visión 427 Modelo: 2000 Toneladas: 15 Cilindros: 6
1	Low boy para transporte de carga	Marca: Talbert Toneladas: 25 Modelo: 1978
1	Pick-up	Marca: Toyota Hilux Modelo: 2000
1	Pick-up	Marca: Mitsubishi Modelo: 2001
1	Alimentador vibrátil	Fabricante: J.W. Jones Co.
1	Trituradora de mandíbulas primaria	Fabricante: J.W. Jones Co. Modelo: 2236

1	Banda transportadora primaria	Fabricante: Cedarapids
1	Trituradora de cono secundaria	Fabricante: J.W. Jones Co Modelo WRC45
1	Zaranda secundaria	Fabricante: R.R. Equipment Co. Modelo: PW3812
1	Banda transportadora de producto final	Fabricante: Cedarapids Longitud: 12 metros
2	Bandas de retorno de material hacia zaranda secundaria	Fabricante: Cedarapids
2	Bandas transportadoras de polvillo	Fabricante: Cedarapids Longitud: 10 metros

Fuente: Elaboración a partir de datos generados por el gerente de producción, manuales del fabricante y observación directa.

3.2 Maquinaria y equipo de trituración

Consiste en un grupo de componentes que en su conjunta operación, realizan el proceso de trituración de grava de río y la clasificación del producto triturado. A continuación se describen los componentes que integran la planta de trituración y las condiciones de funcionamiento en las que se encuentran.

3.2.1 Tipo de trituradora

Debido a la capacidad de producción y al equipo que la empresa Vado Hondo posee, la planta es considerada una planta de trituración fija o estacionaria. Este tipo de trituradora lleva a cabo el proceso de explotación de grava de río al aire libre, proceso conocido también como explotación a cielo abierto.

3.2.2 Descripción

Las plantas trituradoras constan de maquinarias fabricadas con materiales de acero, que en su conjunta operación, transforman grandes bloques de materiales, en materiales de menor dimensión, con el fin de que puedan ser utilizados como materia prima para otros procesos.

En la empresa Vado Hondo, la maquinaria y equipo utilizado para el proceso de trituración de grava de río, está integrado por los siguientes componentes:

- a. Tolva alimentadora vibrátil.
- b. Trituradora de mandíbulas primaria.
- c. Transportador primario.
- d. Zaranda secundaria.
- e. Trituradora de cono secundaria.
- f. Transportadores 1 y 2 de retorno.
- g. Transportadores de producto terminado.
- h. Transportadores 1 y 2 de polvillo.

a. Tolva alimentadora vibrátil

Este equipo consta de dos partes, una se conoce como tolva receptora y la otra como alimentador vibrátil. Ambas partes trasladan la materia prima depositada por los camiones, dirigiéndola hacia la trituradora primaria. A continuación se describen estos dos elementos con más detalle.

a.1 Tolva receptora

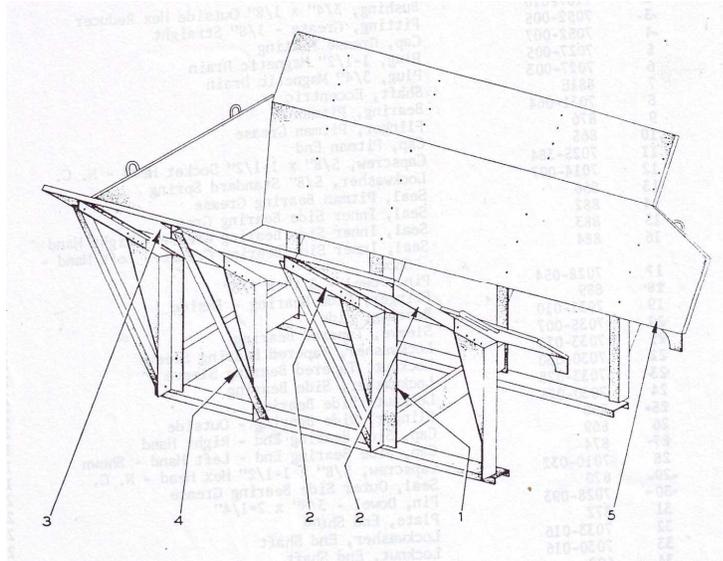
Está conformada por una estructura metálica con las siguientes dimensiones, según el manual del fabricante:

- Longitud: 3.86 mts
- Ancho inferior: 1.01 mts
- Capacidad de captación: 5.34 mts³

La antigüedad del equipo y la constante vibración han provocado que la tolva receptora se deteriore hasta el punto de quebrarse en las partes laterales, hay partes de su estructura que han tenido que soldarse con frecuencia y cada una de las reparaciones implica interrumpir el proceso productivo.

Las figuras 14 y 15 muestran respectivamente, la estructura de la tolva receptora y el equipo de alimentación vibrátil completo.

Figura 14. Tolva receptora de material



Referencia:

1. Marco de soporte de la tolva
2. Angular de soporte para ala lateral
3. Ala receptora de materia prima
4. Angular de soporte del ala
5. Área de depósito de material del alimentador

a.2 Alimentador vibrátil

Este es el elemento que conforma el conjunto tolva alimentadora vibrátil, este elemento es el que se encarga de generar un movimiento lineal y vibrátil, por medio del cual se traslada una mezcla de roca con un porcentaje pequeño de arena húmeda que se tendrá que desplazar hacia la trituradora primaria. El alimentador vibrátil se encuentra montado sobre unos resortes que amortiguan el movimiento vibrátil para evitar que el equipo sufra fracturas.

El alimentador vibrátil es movido por un motor trifásico, el cual es alimentado con 440 voltios con 25 hp de fuerza, el cual traslada su potencia hacia un eje excéntrico que genera el movimiento vibrátil y que se encuentra instalado en la base del alimentador (Ver figura 15).

Figura 15. Tolva alimentadora vibrátil



A continuación en la figura 16, se muestra la tolva alimentadora vibrátil en el proceso de suministro de materia prima hacia la trituradora primaria.

Figura 16. Materia prima hacia trituradora primaria



b. Trituradora de mandíbulas primaria

Es la máquina que se encarga de reducir el tamaño de la grava, a través de dos mandíbulas fabricadas en acero. El modelo de la máquina es 2236, esto significa que tiene 22 pulgadas de ancho y 36 pulgadas de largo en la parte superior que es donde ingresa el material a triturar. La parte inferior es mas angosta debido a que es donde las mandíbulas realizan el triturado de la grava (Ver figura 17).

Figura 17. Parte superior de trituradora primaria



La trituradora de mandíbulas primaria es un equipo de trituración que está conformado por partes fijas y partes móviles.

b.1 Partes fijas

Estas están fabricadas en material de acero y son las piezas que sostienen las partes móviles y forman básicamente una caja de soporte. En una de estas partes está sujeta la quijada fija la cual al estar expuesta al movimiento de la quijada móvil entre ambas fracturan la materia prima realizando a través de ellas la trituración, tanto la quijada móvil como la quijada fija están construidas de acero al manganeso para soportar la fricción y los esfuerzos de tracción e impacto.

La quijada fija a diario sufre un gran desgaste por lo que es necesario calzarla cada tres días, haciendo sobre ella cordones con soldadura eléctrica para que reciban el impacto al triturar las rocas. Los platos de ajuste también se

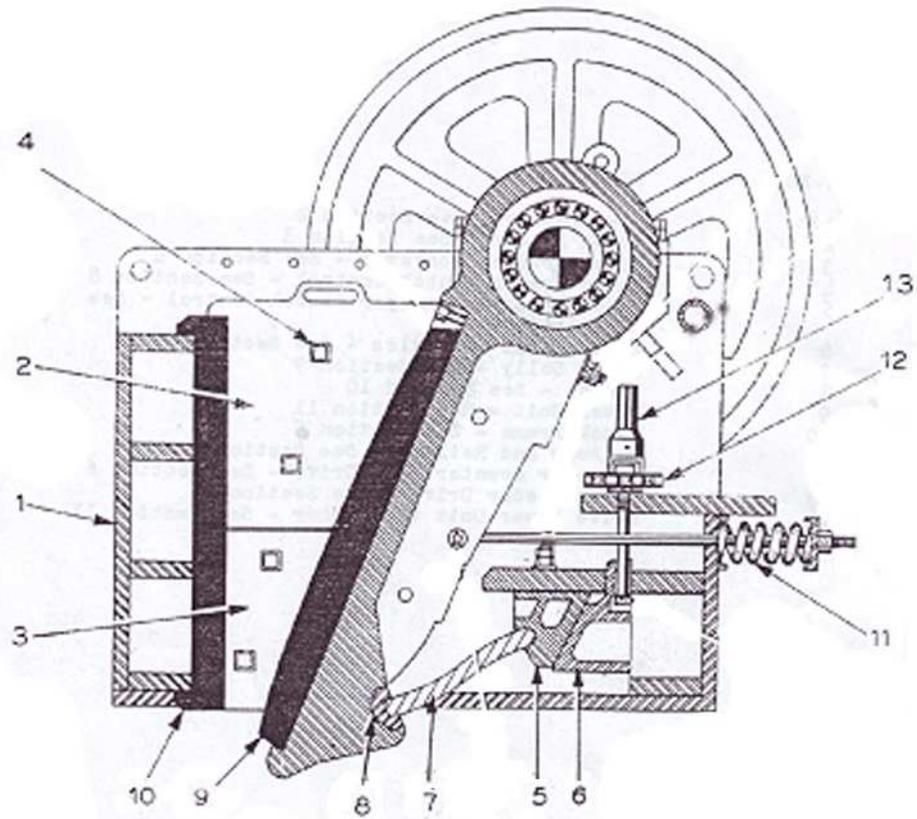
aflojan muy a menudo haciendo que la quijada fija se mueva de su lugar corriendo el peligro que se quiebre.

b.2 Partes móviles

Dentro de las partes móviles se tiene el pitman, poleas, contrapesos, quijada móvil, barra móvil, cuña de barra móvil y cuña de ajuste del bloque. También se encuentra la quijada móvil que va sujeta a una base que es parte del pitman.

En la figura 18 se muestra el interior de la trituradora primaria, la figura fue obtenida del manual del fabricante.

Figura 18. Trituradora de mandíbulas



Referencia:

- 1 Base de la trituradora
- 2 Plato de ajuste superior
- 3 Plato de ajuste inferior
- 4 Tornillos de platos de ajuste
- 5 Cuña de barra móvil
- 6 Cuña de ajuste del bloque
- 7 Barra móvil (barra loca)
- 8 Cuña de ajuste entre quijada móvil y barra móvil
- 9 Quijada móvil
- 10 Quijada estacionaria
- 11 Resorte de ajuste
- 12, 13 Roscas de ajuste

Fuente: **Manual Cedarapids Co.**

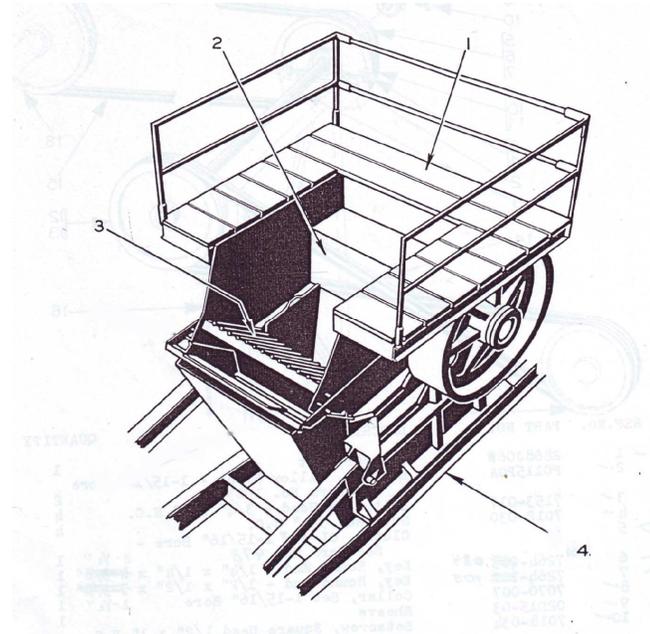
La barra móvil o barra loca como se le llama comúnmente en la planta, actualmente tiende a desgastarse debido a la falta de lubricación. Los cojinetes del pitman se calientan frecuentemente también a causa de una lubricación deficiente.

El efecto de trituración se obtiene directamente como consecuencia del trabajo en conjunto de las partes móviles las cuales causan un efecto de golpe a través de la quijada móvil contra la materia prima y la quijada fija, produciéndose así la fractura de la materia prima.

Un eje excéntrico que se encuentra en el interior del pitman montado sobre dos cojinetes, tiene dos puntas montadas sobre otros dos cojinetes laterales, y en sus extremos tiene una polea con un contrapeso, todo este conjunto de piezas se mueve a través de la transmisión de fuerza de un grupo de 8 fajas que recibe tracción a través de un motor eléctrico de 60 caballos de fuerza.

El proceso de trituración primaria puede ser inspeccionado directamente por medio de una base; esta es una plataforma de metal con su respectiva baranda con la cual se puede desplazar una persona a través del área de alimentación de la trituradora para poder observar su proceso y dar mantenimiento a las áreas móviles de la trituradora con total seguridad cuando la maquinaria no está en funcionamiento (ver figura 19).

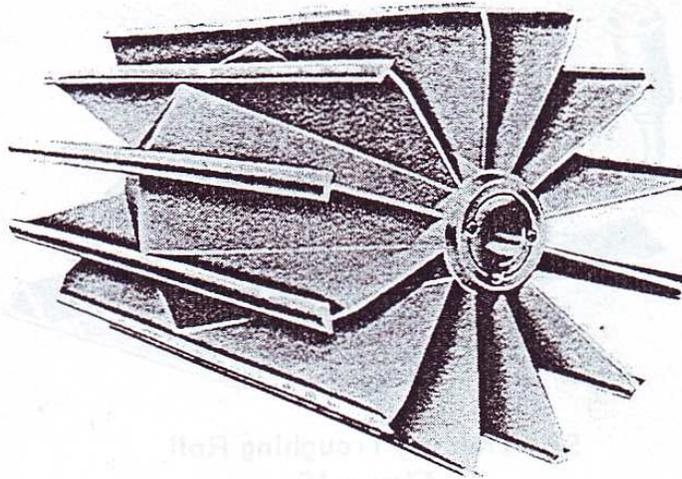
Figura 19. Plataforma de inspección



c. Transportador primario

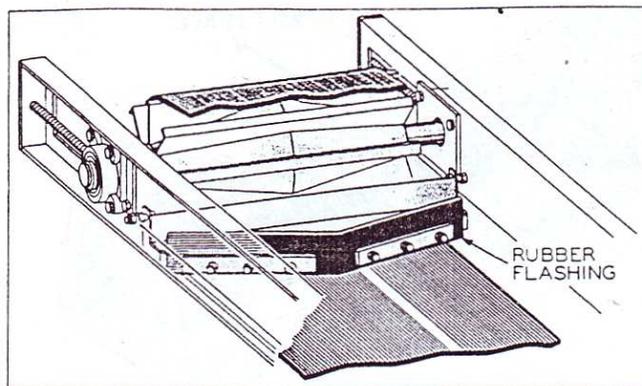
Este tipo de transportación está catalogado como transporte de tipo continuo, está constituido básicamente de una estructura de metal, sus dimensiones dependen del área donde será instalado. Dicha estructura en sus extremos tiene montadas dos poleas, una en la sección frontal que es tipo tambor la cual está montada sobre dos cojinetes ésta es una polea fija y una trasera que es una polea tipo de alas autolimpiable montada sobre dos cojinetes los cuales son del tipo que permiten una regulación a través de un tornillo para tensar la faja transportadora volviéndola así una polea móvil regulable (ver figura 20).

Figura 20. Polea de alas autolimpiable



Fuente: **Manual Cedarapids Co.** Pág. 12

Figura 21. Polea instalada

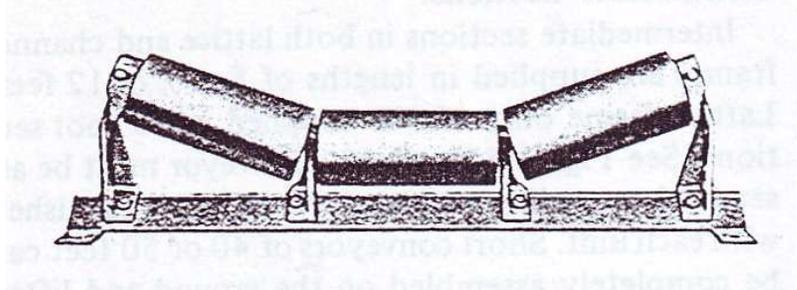


Fuente: **Manual Cedarapids Co.** Pág. 12

El transportador primario, también está constituido por una faja de caucho con capas de fibra de vidrio intermedias entre capa y capa del caucho, en estas fajas el número de capas de fibra de vidrio intermedias determinan la capacidad de carga y tipo de material que pueden transportar; en este caso específico la banda transportadora es de tres capas con una longitud de seis metros, la cual

se tensa a través de la polea trasera de este conjunto. También cuenta con cuatro elementos que llevan montados cada uno tres rodos, los cuales permiten el avance de materiales y tienen un ángulo de inclinación de 20° , ver figura 22.

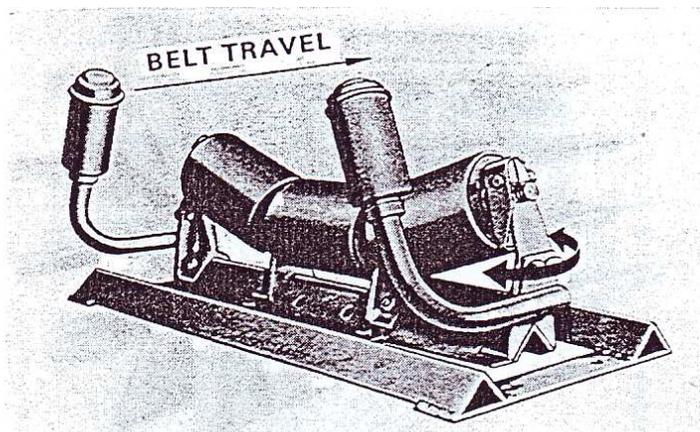
Figura 22. Rodillos de avance



Fuente: **Manual Cedarapids Co.** Pág. 12

Un quinto elemento del transportador primario, tiene tres rodos de avance y 20° de inclinación, este elemento realiza un movimiento giratorio en la base del soporte de los rodos, lo que permite orientar la dirección de la faja en función de la polea delantera del transportador, permitiendo una mejor alineación de la banda transportadora (Ver figura 23).

Figura 23. Rodillos de avance para mejor alineación

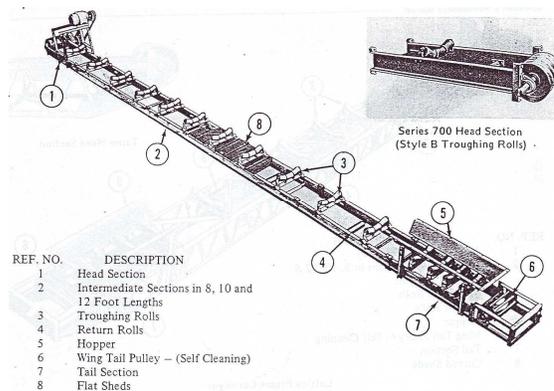


Fuente: **Manual Cedarapids Co.** Pág. 11

El movimiento para este conjunto descrito anteriormente se obtiene a través de un motor de 5 hp de 1750 rpm a 440 voltios el cual tiene su extremo una polea de 7 pulgadas y traslada el movimiento a través de un grupo de dos fajas hacia un motor reductor de velocidad, el cual tiene en su extremo una polea de 7 pulgadas y va acoplado directamente a la polea tipo tambor. Ver figura 24.

Los problemas que presentan actualmente estos equipos es por falta de lubricación en reductores de velocidad, rotura de bandas de caucho por desgaste excesivo, desajuste de rodillos de avance, rotura de fajas de motores eléctricos, fractura de chumaceras de poleas, entre otros problemas.

Figura 24. Estructura de banda transportadora



Fuente: **Manual Cedarapids Co.** Pág. 6

d. Zaranda secundaria

Es la máquina donde se lleva a cabo la operación de cribado, realizando la clasificación de producto terminado. La zaranda secundaria está constituida por dos grupos de cribas, colocadas una sobre otra, la criba superior clasifica el material como producto terminado y el material que no pasa a través de ella, es dirigido hacia la trituración secundaria para la siguiente etapa del proceso; en la

criba inferior cae el producto terminado y lo dirige por medio del movimiento vibrátil que produce la zaranda, hacia la banda que transporta el producto terminado. En la figura 25 se muestra la parte inferior de la zaranda secundaria.

Figura 25. Parte inferior de zaranda secundaria



Este equipo de cribado tiene una opción de colocarle una tercera criba, las cuales por decisión de la empresa no son utilizadas en este momento. Este equipo es movido por un motor de 25 caballos de fuerza, la cual traslada la tracción a través de dos fajas V95 hacia la polea de un eje excéntrico, el cual produce el movimiento vibrátil necesario para efectuar el proceso de cribado.

La zaranda secundaria está instalada, según recomendaciones del fabricante en un ángulo de 10 grados, lo cual sumado al movimiento vibrátil que este genera produce un movimiento lineal vibrátil que hace que el material se

mantenga en circulación sobre las cribas y sea dirigido tanto a la trituradora secundaria como hacia el área de descarga que conduce al transportador de producto terminado.

Este equipo de cribado se encuentra suspendido en cuatro puntos equidistantes entre sí, los cuales usan como medio de suspensión un cable de acero de una pulgada de diámetro flexible el cual va sujeto a tornillos los cuales en su extremo cuentan con un resorte de 7 pulgadas de longitud, 4.5 pulg. de diámetro y un grosor de $\frac{3}{4}$ pulgadas, dichos tornillos cuentan con una longitud de 95 centímetros de los cuales 40 cm tienen rosca, esta rosca permite regular el ángulo al cual se coloca la zaranda esta circunstancia es la misma en los dos grupos de suspensión tanto frontal como trasero. Este ángulo de inclinación sumado al movimiento vibrátil generado por el motor determina la velocidad del material al pasar por el sistema de cribado determinando también el peso total en tránsito sobre el equipo de cribado (ver figura 26).

Figura 26. Estructura de soporte de zaranda secundaria



e. Trituradora de cono secundaria

La trituradora tipo cono consta de un conjunto de piezas que permiten la trituración de material a través de un movimiento excéntrico de una pieza de acero llamada manto, instalada en el interior de la trituradora.

Este tipo de trituradora es utilizada para reducir el tamaño de la grava al diámetro que se desea obtener que normalmente es de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada, dependiendo de lo que los clientes necesiten.

A continuación se describen las partes principales de la máquina trituradora tipo cono.

e.1 Tolva receptora superior de material

Se refiere a la parte superior de la trituradora secundaria, donde el material es depositado para luego ser triturado y obtener las dimensiones deseadas. La tolva receptora es una pieza cilíndrica de metal de 48 pulgadas de diámetro y 18 pulgadas de alto, instalada alrededor de la parte superior de la trituradora secundaria.

La tolva receptora impide que la grava trasladada por el movimiento vibrátil de la zaranda caiga fuera de la máquina trituradora, evitando así, el desperdicio de materia prima. La vibración de la maquinaria y el impacto de la grava contra la tolva, frecuentemente causan fisuras en la estructura de la tolva, por lo que deben soldarse las secciones dañadas. La figura 27 muestra la parte superior de la tolva receptora de material.

Figura 27. Parte superior de tolva receptora de material



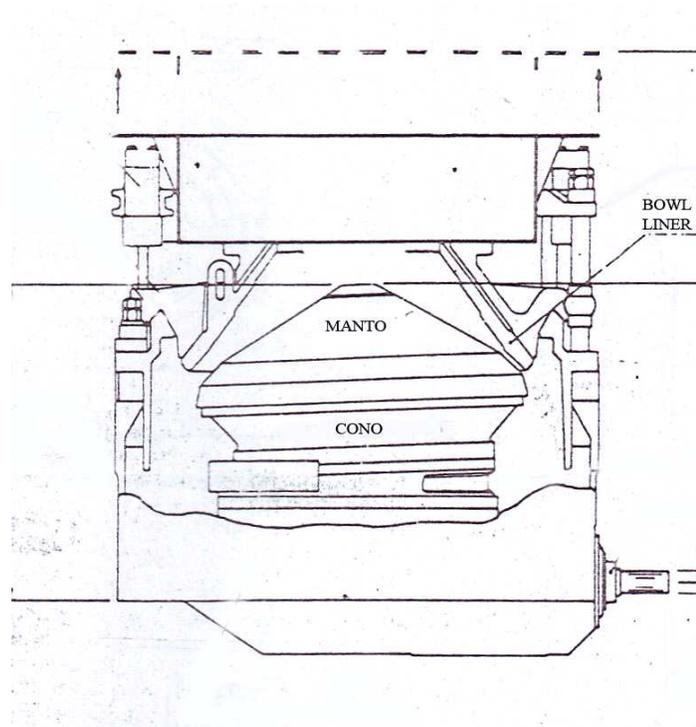
e.2 Manto

Es una pieza de forma cónica fabricada de acero al manganeso, se encuentra instalada en el interior de la trituradora sobre un ensamble llamado cono, y su función es triturar la grava conjuntamente con una pieza fija llamada *bowl liner*.

Cuando la materia prima ingresa a la máquina, cae en un espacio resultante entre el manto y el *bowl liner*, el movimiento excéntrico del manto causa un impacto entre la materia prima y el *bowl liner*, produciendo la fractura o trituración secundaria de la grava.

En la figura 28 se muestra el manto y el *bowl liner*, instalados en el interior de la trituradora secundaria.

Figura 28. Manto, bowl liner y cono de la trituradora secundaria



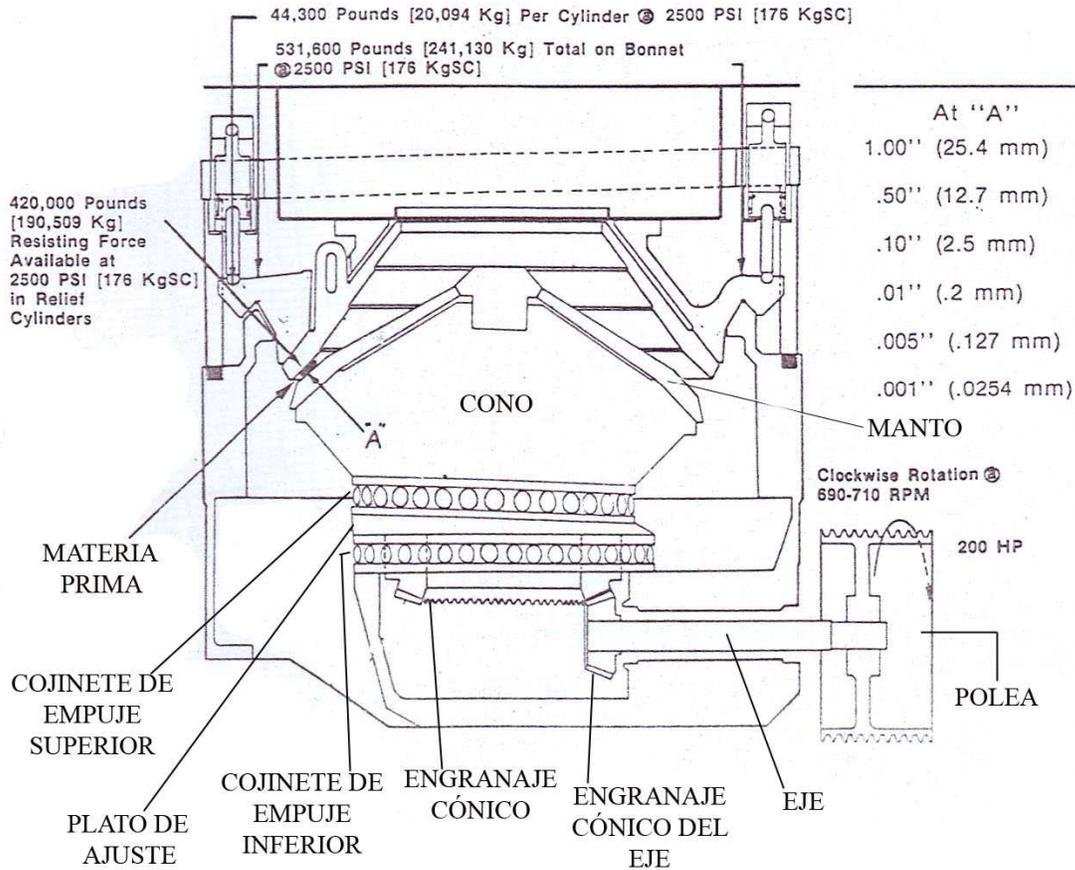
Fuente: **Rollercone operations Manual**. Pág. 4

e.3 Cono

Es la parte de la trituradora secundaria, compuesta por un ensamble de elementos de acero, que producen el movimiento excéntrico del manto para triturar la materia prima.

La figura 29 muestra los elementos externos del ensamble del cono de la trituradora secundaria.

Figura 29. Ensamble del cono



Fuente: **Rollercone operations Manual**. Pág. 16

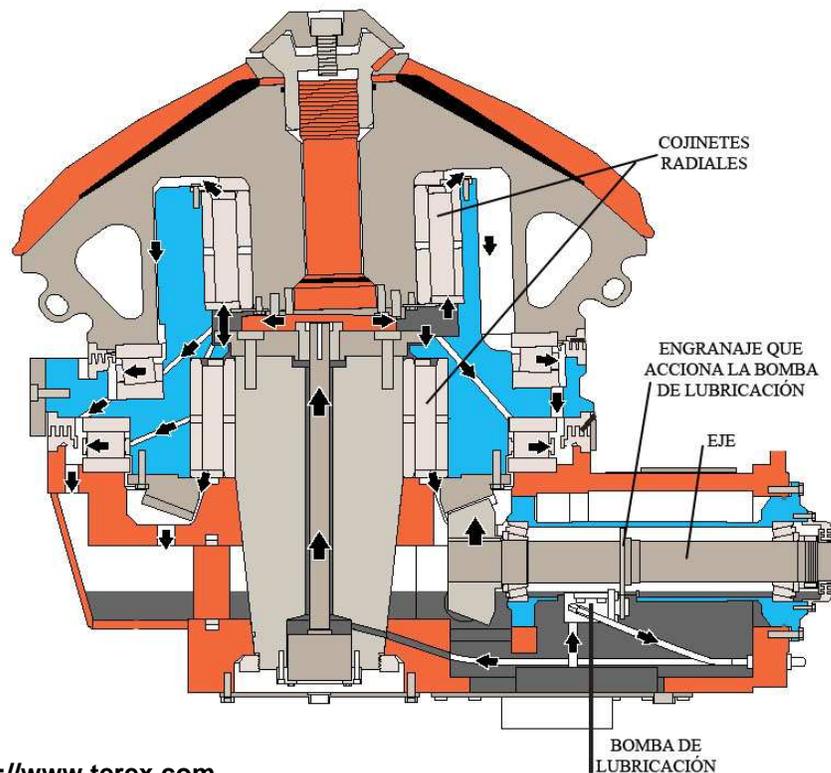
El cono inicia su movimiento en el momento que un motor de 50 caballos de fuerza hace girar el eje inferior del cono a través de la polea, el eje tiene en su otro extremo un engranaje cónico con dientes rectos que transmite la potencia hacia otro engranaje cónico para impulsar el plato de ajuste y transmitir la rotación del cono.

El plato de ajuste se mueve entre dos cojinetes de empuje de alta capacidad de soporte de carga, y eleva el manto en un extremo acercándolo al *bowl liner*; cuando el cono gira, esa elevación hace que el manto realice un movimiento excéntrico, triturando la materia prima entre el *bow liner* y el manto.

e.4 Sistema de lubricación

Cuando el eje del cono inicia su rotación, un engranaje instalado en medio del eje acciona una bomba de lubricación que dirige el aceite lubricante hacia los elementos internos del ensamble del cono. La figura 30 muestra el interior del cono y las partes lubricadas por la bomba interna de lubricación.

Figura 30. Lubricación del ensamble del cono



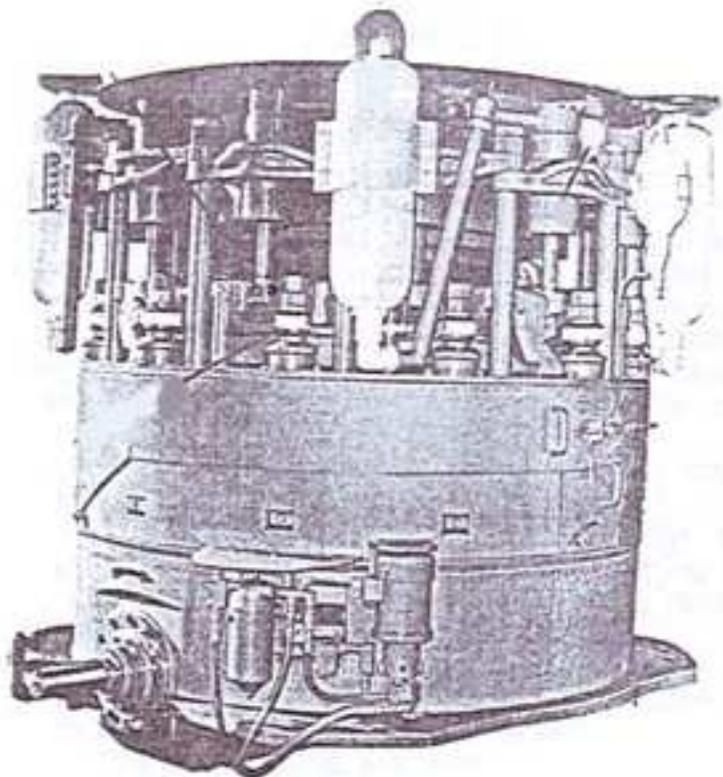
Fuente: <http://www.terex.com>

El motor que acciona la trituradora secundaria es de 50 hp, pero el fabricante recomienda usar un motor de 125 hp, es por esa razón que el motor es reemplazado frecuentemente.

La trituradora secundaria tipo cono, no tiene instalada una bomba auxiliar de lubricación que el fabricante recomienda usar para lubricar el interior de la trituradora antes de iniciar su operación, haciendo que sea necesario inspeccionar el nivel de aceite lubricante de la maquinaria.

En la figura 31, puede observarse la máquina trituradora secundaria tipo cono.

Figura 31. Parte exterior de trituradora tipo cono



Fuente: **Rollercone operations Manual**. Pág. 22

f. Transportador de producto terminado

Este transportador es de tipo continuo, constituido básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en la parte de la banda donde empieza a caer el producto terminado normalmente conocida como cabeza del transportador.

Todos los componentes y accesorios del conjunto de transportación, están instalados sobre un marco metálico, que les da soporte y los mantiene unidos. Sobre este transportador se dirige el material triturado considerado como producto final.

El transportador consta de una faja de caucho con capas de fibra de vidrio intermedias entre capa y capa del caucho, en esta faja el número de capas de fibra de vidrio intermedias determinan la capacidad de carga y tipo de material que pueden transportar, en este caso específico la banda transportadora es de tres capas con una longitud de doce metros la cual se tensa a través de una polea instalada en la parte trasera de este conjunto.

La banda transportadora cuenta con doce elementos instalados a lo largo de su estructura; cada elemento consta de tres rodos, uno central y dos laterales que conjuntamente permiten el avance de material. Los rodos laterales tienen un ángulo de inclinación de 20°, como se muestra en la figura 32.

Figura 32. Transportador de producto terminado



g. Transportadores 1 y 2 de retorno

Estos transportadores se encargan de llevar el material que ha pasado por el proceso de trituración secundaria hacia el proceso de cribado en la zaranda secundaria. Estas bandas flexibles están fabricadas en caucho con capas de fibra de vidrio y cuyo movimiento lo hace sobre unos rodillos de avance instalados a 20 grados sobre la horizontal y sobre una estructura metálica. Su movimiento es accionado por 2 motores trifásicos de 5 caballos de fuerza para que el material pueda ser transportado y vertido en la zaranda secundaria.

h. Transportadores 1 y 2 de polvillo

Por medio de estos se transporta el polvillo, material que se extrae al mismo tiempo que el material triturado pasa por el proceso de cribado en la zaranda secundaria.

Las características de estas bandas transportadoras son similares a las descritas anteriormente, lo que varía es su ancho y longitud, ya que el transportador 1 es de 8 metros y el número 2 tiene 10 metros de longitud, utilizando dos motores de 5 caballos de fuerza para transmitir el movimiento de avance (ver figura 33).

Figura 33. Transportadores de polvillo



3.2.3 Condiciones de la maquinaria

A través de observaciones directas e información brindada por el personal de operación de la planta, pudo determinarse que el equipo de trituración de Vado Hondo, generalmente se mantiene en funcionamiento continuo debido a la alta demanda del producto triturado, pero la falta de mantenimiento preventivo ha provocado desgaste en algunas partes críticas del proceso. También existen

componentes en mal estado como cojinetes de motores y reductores de velocidad por la falta de lubricación y limpieza frecuente en los mismos.

La ausencia de ajustes en el equipo también ha influido para que varias partes o componentes tiendan a quebrarse o desalinearse como en el caso de los ejes de los motores eléctricos, ya que el equipo está en constante movimiento por lo que está expuesto a vibraciones que desajustan los equipos. En la figura 34 puede observarse la condición actual de la trituradora tipo cono, la cual sufre constantes fracturas en la parte superior debido a la vibración.

Figura 34. Condición actual de trituradora tipo cono



Dentro de la maquinaria de trituración, hay equipos que están sometidos a mayor desgaste, entre los cuales se encuentran: la trituradora de quijadas primaria y la trituradora secundaria tipo cono; estos equipos son los que realizan la trituración de la roca, que posteriormente se transforma en pedrín.

Las trituradoras de quijadas y las de tipo cono, son máquinas de ajuste cotidiano ya que en el proceso diario de trituración, sus partes móviles tales como quijadas, cono y manto, sufren desgaste cotidiano, por lo tanto todos los días deberían ser ajustadas para corregir el ajuste que determina el tamaño de la granulación de las rocas a procesar. Pero en el caso de la empresa Vado Hondo, no se hacen estos ajustes hasta que se descubre que el producto final no cumple con el tamaño previamente establecido.

Las partes de las trituradoras mencionadas anteriormente, están fabricadas de acero al tungsteno para soportar las fuerzas de fricción e impacto; el proceso de trituración produce un desgaste severo en algunas piezas, debido a la vibración constante.

En el manual del fabricante, se recomienda que estas piezas se endurezcan a través de la aportación de aleaciones de materiales de extrema dureza, la cual se hace a través de soldadura por arco eléctrico previo a la operación de trituración, para que el desgaste que se realice, lo sufra el material resultante de la aplicación del electrodo y nunca en forma directa en las piezas antes descritas, sin embargo debido al desconocimiento técnico, este proceso no se realiza con la frecuencia recomendada, provocando que algunas partes se fracturen tales como:

- a. Quijada estacionaria
- b. Key plate superior e inferior
- c. Barra móvil
- d. Cuña de barra móvil
- e. Cuña de ajuste del bloque

3.2.4 Mantenimiento correctivo

Actualmente, la empresa Vado Hondo no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, por lo que únicamente recurre a la corrección de fallas las cuales interrumpen el proceso de producción por períodos de tiempo muy largos, lo que al mismo tiempo provoca un aumento en los costos.

La empresa no cuenta con registros de las reparaciones que se han efectuado durante el transcurso del tiempo desde inicio de operaciones en el año 2004. Esto provoca que cada vez que ocurre un problema, se pierde bastante tiempo en determinar las causas del problema, pudiendo ahorrarse ese tiempo si se llevara el registro de lo que se ha hecho anteriormente en casos similares.

Cuando surge algún desperfecto, se procede a parar toda la maquinaria de trituración y reparar las fallas que regularmente son de tipo mecánico y que a veces toma varios días corregirlas como es el caso de la fractura de algún cojinete, ya sea de la zaranda secundaria o de algún motor eléctrico.

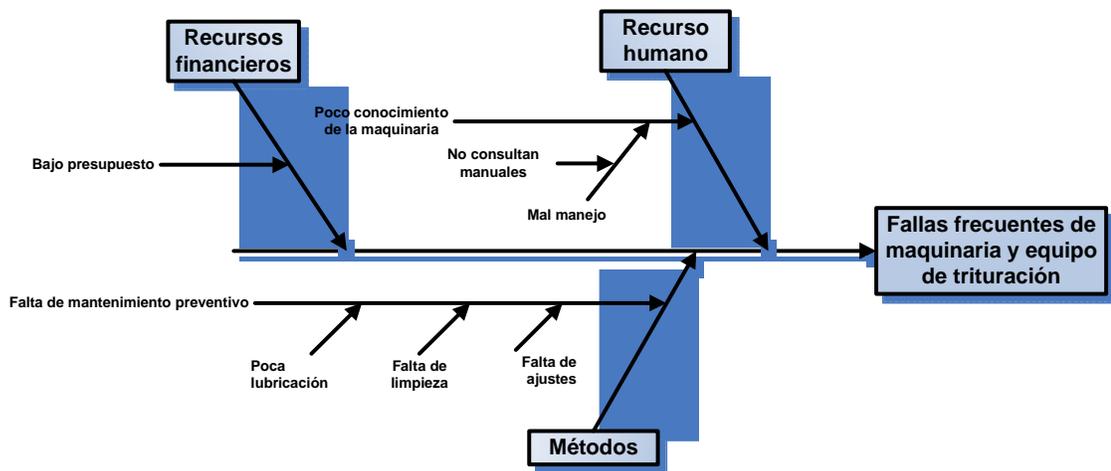
Cuando un problema de funcionamiento de la maquinaria se presenta debe pararse todo el proceso de trituración; el personal de operación debe determinar la causa del problema, solicitar y esperar que se compren los repuestos, y llevar a cabo las reparaciones correspondientes; perdiendo una parte considerable de tiempo que muy bien pudo haberse evitado por medio de una adecuada lubricación periódica o el ajuste frecuente de los componentes que lo requieren.

Con frecuencia ocurren problemas con los motores eléctricos de las bandas transportadoras, el exceso de suciedad provoca un sobrecalentamiento

en los mismos, haciendo que éstos dejen de funcionar. Otros de los problemas que con frecuencia suceden es la fractura de tornillos de la zaranda por falta de lubricación y la rotura de bandas transportadoras y fajas de motores eléctricos los cuales surgen como consecuencia de la falta de ajuste de los mismos.

La figura 35 muestra el diagrama causa-efecto, utilizado para analizar las causas de las fallas que ocurren frecuentemente en la maquinaria y equipo de trituración.

Figura 35. Diagrama causa-efecto de fallas en el equipo de trituración



En la figura 36 se muestra la reparación de la banda transportadora de producto que retorna hacia la zaranda, la banda se rompió por desgaste, eso ocurre muy a menudo ya que solo sustituyen la parte rota por otro trozo de alguna banda que se rompió con anterioridad. Cada reparación de este tipo les lleva aproximadamente 4 horas, pudiendo evitarse problemas si las sustituyeran por bandas nuevas o en mejor estado.

Figura 36. Reparación de banda transportadora



3.3 Proceso de fabricación

Los diversos productos que se obtienen y comercializan en Vado Hondo, son resultado de un proceso que permite reducir el tamaño de la grava de río a una granulometría adecuada para ser utilizada como material base en proyectos de construcción o pavimentación. El proceso es simple, pero la calidad del producto dependerá de las condiciones de funcionamiento de la maquinaria y equipo de trituración.

3.3.1 Descripción del proceso

El proceso productivo de la empresa Vado Hondo está constituido por una serie de etapas, que inicia desde la obtención de la materia prima que se encuentra en el río, hasta el almacenaje del producto terminado; a continuación se describe cada una de las etapas del proceso de trituración.

a. Extracción

Es la primera etapa del proceso productivo de Vado Hondo, y consiste en extraer la materia prima o grava de río, utilizando para la operación una máquina hidráulica retroexcavadora operada por un trabajador de la empresa. El trabajador extrae la cantidad de material necesario para llenar un camión de volteo, y lo realiza en 10 minutos aproximadamente, al obtener esta cantidad, lo vierte en el camión correspondiente.

El material que se extrae del río, tiene diferentes dimensiones y contiene arena adherida en su superficie. La figura 37 muestra una máquina retroexcavadora extrayendo material del río.

Figura 37. Extracción de materia prima



b. Carga

Una vez realizada la operación de extracción de material, se procede a cargar el mineral en los camiones de volteo, haciendo uso de una máquina retroexcavadora para la operación.

Para el aprovechamiento del transporte, con la retroexcavadora se acomoda el material extraído para que la carga sea óptima y pueda transportarse un mínimo de 10 metros cúbicos; debe tomarse en cuenta que si al camión se le intentara verter más material del adecuado, se corre el riesgo que se dañe algún componente del camión, u ocurra un estallido de neumáticos, lo cual representaría mayores costos. Ver figura 38.

Figura 38. Carga de materia prima



c. Transporte

Luego de haber extraído la materia prima y cargarlo en los camiones de volteo, el material es trasladado hacia el área de cribado primario. La operación

de transporte hacia las cribas primarias, dura 8 minutos aproximadamente. La figura 39 muestra el momento en que un camión traslada la materia prima hacia el área de cribado primario.

Figura 39. Transporte de materia prima



d. Cribado primario

Es la operación que se realiza a través de dos zarandas de grandes dimensiones con capacidad de cribar una camionada de material en forma directa, funcionan por gravedad y en ellas se realiza la separación de la arena de la piedra, obteniendo como subproductos arena fina y arenón.

En la parte inferior de las zarandas, o sea su área de acopio para los dos subproductos mencionados anteriormente, tiene una capacidad de 4 a 5 camionadas de almacenamiento. Una vez llenas las áreas de acopio, se procede a limpiarlas para que puedan seguir siendo utilizadas. Tal proceso puede observarse en la figura 40.

Figura 40. Cribado primario de materia prima



d.1 Transporte de subproductos obtenidos del cribado primario hacia patios de acopio

Esta actividad se realiza por medio de una retroexcavadora para cargar los camiones de volteo los cuales trasladan dichos subproductos hacia los patios de acopio.

d.2 Transporte de piedra limpia hacia la planta de trituración

Esto se realiza a través de camiones de volteo los cuales son cargados directamente desde la zaranda primaria y luego proceden a descargar este material en la tolva alimentadora vibrátil de la trituradora primaria, cargando entre 8 y 10 metros cúbicos de material aproximadamente.

d.3 Descarga de material sobre tolva vibrátil de alimentación de trituradora primaria

En esta actividad la descarga de los camiones no se puede hacer en forma continua debido a que la capacidad de la tolva vibrátil es inferior a la capacidad de las carrocerías de los camiones de volteo, por lo cual se realiza en tres etapas. La materia prima es trasladada hacia la trituradora primaria a través del movimiento vibratorio que produce la tolva. Las figuras 41 y 42 muestran la descarga de materia prima y el alimentador vibrátil respectivamente.

Figura 41. Descarga de materia prima



Figura 42. Alimentador vibrátil



e. Trituración primaria

Esta fase consiste en la trituración de la grava de río a través de la máquina trituradora de mandíbulas o quijadas descrita anteriormente en el inciso 3.2.2.

El material trasladado por la tolva alimentadora vibrátil, ingresa a la trituradora de quijadas, luego el impacto entre las dos quijadas reduce el material a una medida de 2" de diámetro (Ver figura 43).

Figura 43. Trituración de material



f. Transportación de material triturado hacia zaranda secundaria

Esta actividad ocurre desde el momento en que el material triturado en la trituradora primaria cae sobre la banda transportadora primaria de 6 mts de longitud, permitiendo de esta manera que el material se dirija hacia la zaranda secundaria. La figura 44 muestra el transporte del material hacia la zaranda secundaria.

Figura 44. Material hacia zaranda secundaria



g. Cribado

Es la operación que separa el material triturado en distintos tamaños a través de mallas de acero conocidas como cribas.

Luego que el transportador primario traslada el producto hacia la zaranda clasificadora secundaria, el material pasa por un proceso de cribado permitiendo la clasificación de material con granulometría de acuerdo a las dimensiones de las aberturas de la criba instalada y a las especificaciones programadas por el departamento de producción, y el material cuyo diámetro es demasiado grande como para pasar a través de la criba, es dirigido hacia la trituradora secundaria.

El material triturado que atraviesa las cribas de la zaranda, es dirigido por el movimiento vibrátil hacia la banda transportadora de producto final.

La zaranda tiene una inclinación aproximada de 10 grados sobre la horizontal y junto con el movimiento vibrátil que genera, hace que el material se dirija hacia el interior de la trituradora tipo cono para seguir siendo procesado. La figura 45 muestra la parte superior de la zaranda secundaria con su respectiva criba.

Figura 45. Cribado secundario de material



h. Transportación de producto terminado

El material triturado que se obtiene después del proceso de cribado, cae directamente sobre una banda transportadora de 12 mts de longitud accionada por un motor de 5 caballos de fuerza y un moto reductor que regula la velocidad de transportación, y se encarga de dirigir el producto terminado al final de la misma hacia un área de acopio preliminar para que después de tener cierta cantidad acumulada de material triturado este pueda ser almacenado en los patios de acopio respectivos (ver figura 46).

Figura 46. Producto final listo para almacenar



i. Transporte de polvillo

Esta etapa del proceso está constituida por dos bandas transportadoras con las mismas características mecánicas y de velocidad. El motivo de tener dos bandas transportadoras, es para obtener una elevación de descarga lo

suficientemente alta para contar con un área de acopio preliminar con una capacidad suficiente como para hacer un movimiento posterior hacia los patios de acopio único en el día.

La longitud de cada una de las bandas transportadoras es de 8 metros lineales, y están instaladas con un ángulo de elevación necesario para obtener la altura requerida de modo que el polvillo caiga libremente al final del transporte y sobre el área de acopio preliminar.

Una vez llena el área de acopio preliminar, se procede a transportar el producto terminado hacia el patio de acopio correspondiente. Este transporte final se realiza por medio de una retroexcavadora y camiones de volteo.

j. Trituración secundaria

Esta es la fase donde la grava que no logra pasar a través del proceso de cribado en la zaranda secundaria, es reducida de tamaño en una trituradora secundaria tipo cono, y se encarga de triturar este material hasta lograr una granulometría que oscila entre $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{4}$ " según el producto que se desea obtener.

El producto de la trituración secundaria, es necesario trasladarlo a través de dos bandas transportadoras denominadas bandas de retorno 1 y 2 hacia la zaranda secundaria, para ser cribado nuevamente y ser clasificado como producto final. La figura 47 muestra el ingreso de material hacia la trituradora secundaria tipo cono.

Figura 47. Trituración secundaria



k. Transportación de retorno

Para efectos del proyecto se le denominó bandas transportadoras de retorno 1 y 2 a las bandas que proceden al traslado del material resultante de la segunda trituración, a estas bandas se les denomina de retorno porque el material que se traslada por ellas fue previamente cribado y debido a no haber tenido un tamaño aceptado por la criba, este es nuevamente procesado por la trituradora secundaria para tener el tamaño necesario para pasar a través de las cribas respectivas, y dichas bandas lo retornan nuevamente a un ciclo de cribado secundario para obtener así producto terminado. La figura 48 muestra las bandas de retorno 1 y 2.

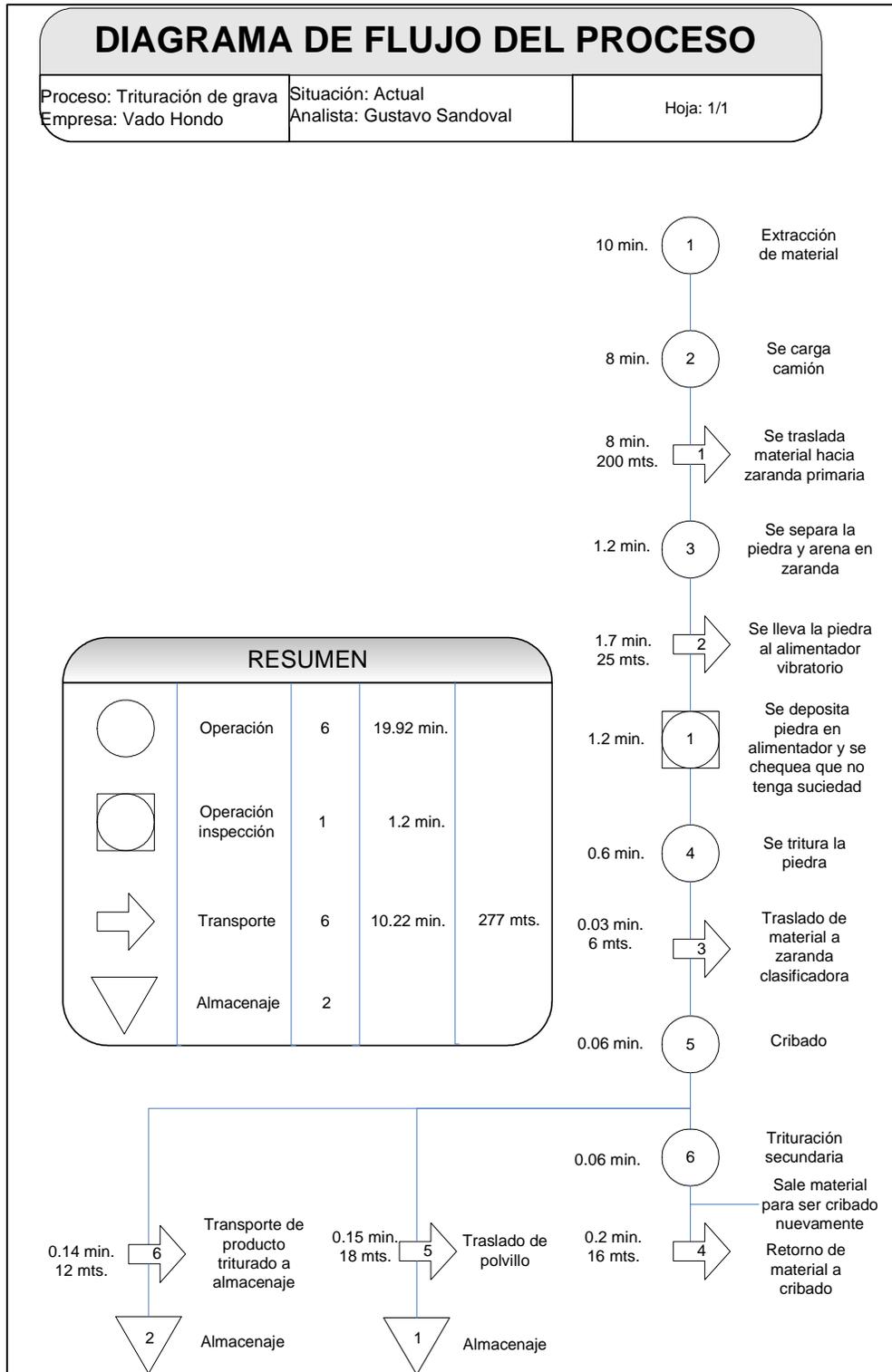
Figura 48. Bandas transportadoras de retorno



3.3.2 Diagrama de flujo del proceso

En el siguiente diagrama de flujo se muestran las actividades correspondientes al proceso de trituración de grava de río de la empresa Vado Hondo (figura 49).

Figura 49. Diagrama de flujo del proceso de trituración



3.3.3 Materia prima

El material que se utiliza como materia prima en la empresa Vado Hondo, es extraído del río Ostúa, dicho material es de origen basáltico, el cual es recomendado como agregado excepcional para la fabricación de hormigones de alta resistencia, por ejemplo: pavimentación de calles, construcciones de zapatas y cimentación de edificios, construcción de bases para puentes, etc. Debido a la extrema dureza de dicho material los elementos de las trituradoras para el procesamiento de dicha roca, necesitan un alto proceso de mantenimiento.

La grava es extraída de depósitos creados durante el invierno por el caudal del río, el cual arrastra rocas y arena en su caudal y los deposita en las posas de captación construidas para la obtención de los mismos, procedimiento que se describió en el inciso 1.2 del capítulo 1. Ver figura 50.

Figura 50. Área de extracción de materia prima



La grava que se procesa debe tener como máximo 30 pulgadas de diámetro aproximadamente, ya que si se utilizan piedras de mayor tamaño, el proceso de trituración tiende a demorarse, es por ello que en promedio las dimensiones de la grava son de 10 a 12 pulgadas de diámetro aproximadamente.

La grava que se extrae del río, no pasa por ningún proceso riguroso de limpieza previo a su trituración, haciendo que el producto final no sea considerado de alta calidad debido a que algunos proyectos exigen el material rocoso libre de arena, lodo y otras impurezas que pueda tener, pero el producto triturado que se obtiene es satisfactorio para diversos proyectos de construcción y pavimentación. También cabe mencionar que mientras se deposita el material en la tolva receptora, un empleado se encarga de retirar cualquier tipo de basura que el material a triturar pueda contener como trapos, botes plásticos y de metal, trozos de madera, entre otros objetos.

3.3.4 Capacidad de producción

La capacidad de producción actual de la empresa es de treinta y cinco metros cúbicos de material por hora aproximadamente, la cual se determinó a través de la toma de tiempos, obteniendo en promedio cuatro camionadas trituradas durante una hora. Los camiones tienen una capacidad entre 15 y 20 toneladas, dependiendo de la marca y modelo del camión.

La cantidad de material que se transporta en los camiones, varía, debido a que en ocasiones no se llenan completamente los camiones, por la urgencia de llevar el material hacia la trituradora. La cantidad de grava de río que se transporta, oscila actualmente entre 8 y 10 metros cúbicos por cada camión de volteo.

Una camionada de material se tritura en un tiempo promedio de 15 minutos; para obtener este dato se tomaron varios tiempos, se anotó la hora de inicio y hora final de la operación de trituración de cada camionada del mineral rocoso y se realizó el promedio de estos tiempos. La tabla IV muestra los tiempos obtenidos de trituración de una camionada de material.

Tabla IV. Tiempos de trituración de una camionada de grava de río.

No.	Fecha	Hora inicial	Hora final	Tiempo total (minutos)
1	5/3/2007	9:22	9:36	14
2	5/3/2007	11:08	11:23	15
3	6/3/2007	10:41	10:56	15
4	8/3/2007	8:16	8:32	16
5	9/3/2007	9:07	9:22	15
Tiempo promedio				15

Fuente: **Elaboración a partir de datos generados por observación directa.**

Cabe mencionar que la cantidad total producida por día es variable, debido a que con frecuencia no se llenan completamente los camiones con materia prima y atrasos inesperados provocados por fallas mecánicas en los camiones de volteo, haciendo que el proceso se demore por horas o días según sea el problema que se presente, siendo esta la causa de que se produzca menor cantidad de producto final.

La figura 51 muestra los centros de acopio para el producto final de la empresa Vado Hondo.

Figura 51. Centros de acopio para producto final



3.3.5 Personal operativo

Actualmente se cuenta con un mecánico encargado de operar la maquinaria de trituración quien por sus conocimientos técnicos se le contrató desde inicio de operaciones, dicho encargado tiene asignado cuatro ayudantes a quienes da instrucciones para realizar las actividades necesarias para mantener la maquinaria en operación.

El operador de la máquina trituradora es responsable de mantenerla funcionando constantemente, la maquinaria la opera en un centro de control donde tiene a la vista todo el equipo de trituración. Al momento de algún desperfecto ya sea mecánico o eléctrico, el operador indica a los ayudantes lo que deben hacer para reparar las fallas.

Cabe mencionar que durante las reparaciones de equipo, el personal no toma las medidas necesarias de seguridad, debido a que no usan guantes para soldar, tampoco usan cascos que los protejan, y ningún otro equipo de protección personal.

3.3.6 Producto terminado

Es considerado como producto final o terminado aquel material triturado cuyas dimensiones le permiten pasar a través de la malla o criba de la zaranda secundaria, ya que la abertura de la criba es equivalente al diámetro de graba triturada que se desea obtener. Las granulometrías comúnmente usadas en los procesos de construcción están entre 3/8", 1/2", 3/4" y 1", en el caso específico de esta empresa, el producto terminado está constituido por una mezcla de las cuatro granulometrías anteriormente mencionadas debido a que es el tipo de producto de mayor consumo de los clientes.

El producto terminado es llevado hacia el patio de acopio respectivo. Los patios de acopio son áreas físicas destinadas para el almacenamiento de forma definitiva de los productos y subproductos finales obtenidos para su posterior comercialización. Estas áreas deben estar diseñadas de acuerdo con el volumen de extracción, el tiempo de almacenamiento y la calidad del material, como se muestra en las figuras 52 y 53 respectivamente.

Figura 52. Producto hacia centro de acopio



Figura 53. Almacenaje de producto final



Al momento que los clientes llegan a comprar el producto, se les extiende la factura de compra respectiva y un comprobante; el comprobante deben presentarlo al operario encargado del área de despacho para que les pueda hacer entrega del material, vertiéndolo en los vehículos de carga de los clientes; el comprobante sirve también para llevar un control de salida de los clientes del área de despacho; en la boleta se indica la cantidad de material a despachar (metros cúbicos), y el número de la factura extendida al cliente.

En la figura 54, se muestra el formato del comprobante que se extiende a los clientes cuando realizan su compra.

Figura 54. Comprobante de compra

COMPROBANTE	
TRITURADORA VADO HONDO	
CONTROL DE SALIDA	
ORDEN PEDIDO: _____	
m	
PIEDRÍN	
ARENA	
ARENON	
POLVILLO	
PIEDRA	
PIEDRIN BOLA	
SELLO	

4. PLAN PROPUESTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Corresponde al proyecto que tiene como finalidad el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo de trituración de la empresa Vado Hondo. En este se presentan las tareas de mantenimiento a desarrollar basadas en la planificación de las actividades de lubricación, limpieza y ajustes, esto es, debido al tipo de máquina, ya que por su continuo funcionamiento, las partes que la conforman tienden a sufrir desgaste, desajustes por la vibración a la que está expuesta constantemente, fallas y mal aspecto de la maquinaria por exceso de suciedad.

Con este plan de mantenimiento preventivo se estará mejorando las condiciones de funcionamiento de la maquinaria, la cual ha presentado fallas frecuentes en varios de sus componentes y de su estructura.

4.1 Definición de tareas

Es de suma importancia el definir las tareas que corresponden directamente al mantenimiento preventivo. Estas tendrán la función de prevenir averías mayores, de tal manera que no se requiera el tener que profundizar en las tareas de mantenimiento.

Estas tareas se pueden incluir tanto en el mantenimiento preventivo como en el mantenimiento correctivo, puesto que su fin es mejorar el funcionamiento del equipo.

Entre las tareas de mantenimiento preventivo para la maquinaria de trituración primaria y secundaria, en las tablas V se proponen las siguientes:

Tabla V. Tareas de mantenimiento

A. ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA
<p>a. Lubricación</p> <p><i>i. Tolva alimentadora vibrátil</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Nivelación de aceite en depósito de reductor vibrátil.• Lubricación de resortes de soporte de la tolva.• Lubricar cojinetes del motor eléctrico. <p><i>ii. Trituradora de quijadas primaria</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Lubricar cojinetes del Pitman.• Lubricar cojinetes del eje de poleas.• Lubricar Toggle plate o barra loca.• Lubricar roscas de ajuste de la cuña.• Lubricar varilla de ajuste de la quijada movable.• Cambiar el lubricante de los cojinetes del Pitman.• Lubricar cojinetes del motor eléctrico. <p><i>iii. Banda transportadora primaria</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Lubricar cojinetes de chumaceras de polea autolimpiable.

- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea tipo tambor.
- Lubricar cojinetes del motor eléctrico.
- Nivelación de aceite en reductor de velocidad.

b. Limpieza

i. Tolva alimentadora vibrátil

- Limpiar tolva de recepción de residuos de arena o tierra para que impidan la acumulación de estos elementos que impide el flujo continuo de piedra en la tolva.

ii. Trituradora de quijadas primaria

- Limpiar residuos de lubricante en la parte externa de la trituradora.
- Limpiar toggle plate (barra loca) y cuñas de ajuste.

c. Ajustes

iii. Trituradora de quijadas primaria

- Ajustar la abertura entre quijadas.
- Ajustar el Pitman por medio de la varilla de tensión.
- Calzar la trituradora móvil para corregir el desgaste.
- Ajustar los platos de ajuste de la quijada estacionaria.
- Ajustar el fijador del reductor de velocidad.
- Alinear motores eléctricos.
- Ajustar la tensión en las correas de los motores eléctricos.

B. ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA

a. Lubricación

i. Zaranda secundaria

- Lubricar cojinetes del eje excéntrico.
- Lubricar cojinetes de motor eléctrico.

ii. Trituradora secundaria tipo cono

- Verificación de nivel de aceite del depósito de aceite para lubricación de engranajes internos.
- Lubricación de cojinetes del motor eléctrico.

iii. Transportadores de retorno

- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea autolimpiable.
- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea tipo tambor.
- Lubricar cojinetes del motor eléctrico.
- Nivelación de aceite en reductor de velocidad.

iiii. Transportador de producto terminado

- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea autolimpiable.
- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea tipo tambor.
- Lubricar cojinetes del motor eléctrico.
- Nivelación de aceite en reductor de velocidad.

iiii. Transportadores de polvillo

- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea autolimpiable.
- Lubricar cojinetes de chumaceras de polea tipo tambor.
- Lubricar cojinetes del motor eléctrico.
- Nivelación de aceite en reductor de velocidad.

b. Limpieza

i. Zaranda secundaria

- Limpieza de cribas: debido a que el material que se tritura en la empresa es de extracción inmediata, viene con porcentajes bajos de arena, arcillas, y el polvillo producto de la trituración primaria hacia la zaranda secundaria. Todos estos elementos unidos a la humedad que trae por ser extraído directamente del río, dan origen a formaciones de capas de los mismos que terminan construyendo los orificios de las cribas, por consiguiente esta limpieza debería efectuarse a diario por medio de un chorro de agua a alta presión.

ii. Trituradora secundaria tipo cono

- Limpieza interna del ensamble superior: debido a que en la empresa no existe un sistema de eliminación de impurezas o contaminantes (trozos de lámina, bolsas plásticas, ramas y raíces), toda esta clase de impurezas llega hasta la trituradora secundaria y logra pasar por el cono produciendo así una obstrucción en el interior del cuerpo, esta es una limpieza que debería realizarse a diario después del período de trabajo.

c. Ajustes

i. Zaranda secundaria

- Verificar tensión y nivel en los tornillos de soporte de zaranda
- Verificar nivel de inclinación del cuerpo de la zaranda
- Verificar tensión de fajas del motor eléctrico

ii. Trituradora secundaria tipo cono

- Verificación de nivel de aceite hidráulico en sistema de amortiguación del soporte del bowl liner
- Verificación de presión (2100 psi) en el tanque de presurización del sistema hidráulico de amortiguación
- Verificación de fajas del motor eléctrico

4.2 Planificación de actividades de mantenimiento

Consiste en el establecimiento de la frecuencia con que se ejecutarán las actividades de mantenimiento preventivo en la maquinaria y equipo. Pudiendo realizarse de manera diaria, mensual, semestral o anual, dependiendo de la tarea a ejecutar.

En las tablas VI y VII, puede observarse la frecuencia en meses, subdividida en semanas en que deben realizarse las tareas de mantenimiento; la frecuencia de cada tarea de mantenimiento, está indicada con una X en los espacios correspondientes.

Las semanas están comprendidas de lunes a viernes; la letra x en las celdas, significa que las tareas de mantenimiento correspondientes deben realizarse diariamente; las celdas marcadas con x1, significa que las actividades de mantenimiento respectivas se realizarán una vez por semana, según el día que el gerente de producción crea pertinente.

Tabla VI. Planificación anual de actividades de mantenimiento en el área de trituración primaria

Mes	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	SEMANA1	SEMANA2	SEMANA3	SEMANA4																				
ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA																								
Nivelación de aceite en depósito de reductor vibrátil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricación de resortes de soporte de la tolva	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar cojinetes de motores eléctricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar cojinetes del Pitman	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar cojinetes del eje de poleas autolimpiable y de tambor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar Toggle plate o barra tipo plato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar roscas de ajuste de la cuña	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar varilla de ajuste de la quijada móvil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambiar el lubricante de los cojinetes del Pitman	x1																							
Lubricar cojinetes del motor eléctrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Limpiar tolva de recepción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Limpiar residuos de lubricante en la parte externa de la trituradora y del alimentador vibrátil	x1																							
Limpiar toggle plate y cuñas de ajuste	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ajustar la abertura entre quijadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ajustar el Pitman por medio de la varilla de tensión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Calzar la trituradora móvil para corregir el desgaste	x1																							
Ajustar los platos de ajuste de la quijada estacionaria	x1																							
Ajustar el fijador del reductor de velocidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alinear motores eléctricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ajustar la tensión en las correas de los motores eléctricos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota: Las semanas están comprendidas de lunes a viernes. Las celdas con el símbolo x1, significa que la actividad de mantenimiento respectiva, se realizará una vez por semana según el día que el gerente de producción decida.

Tabla VII. Planificación anual de actividades de mantenimiento en el área de trituración secundaria

Mes	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA																								
Lubricar cojinetes del eje excéntrico de la zaranda	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lubricar cojinetes de motores eléctricos	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificación de nivel de aceite del depósito de aceite del trompo	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lubricar cojinetes de chumaceras de poleas autolimpiable y tambor	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nivelación de aceite en reductores de velocidad	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza de cribas de la zaranda	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza interna del ensamble superior del trompo	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificar tensión y nivel en los tornillos de soporte de zaranda	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificar nivel de inclinación del cuerpo de la zaranda	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificar tensión de fajas de motores eléctricos	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificación de nivel de aceite hidráulico en sistema de amortiguación del trompo	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verificación de presión (2100 psi) del sistema de amortiguación del trompo	x	X	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Semanas comprendidas de lunes a viernes

4.3 Codificación de equipo

Para localizar e identificar rápidamente los elementos más importantes de la maquinaria de trituración, se propone codificar dichos elementos basándose en el manual de fabricación, ya que al momento de solicitar algún repuesto al fabricante de la maquinaria, únicamente se envía el código del componente a solicitar y el modelo de la máquina.

Esta codificación consiste en la asignación de letras y números a las partes principales del equipo de trituración. Las primeras dos letras hacen referencia a la maquinaria correspondiente (ver tablas VIII, IX y X).

Tabla VIII. Codificación de equipo de trituración primaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	CODIFICACIÓN DE EQUIPO		ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA
Equipo: Trituradora de mandíbulas primaria	No. Serie: 14881		
Descripción: Trituradora de mandíbulas	Modelo: 2236		
Fabricante: J.W. Jones Co.			
Dirección: Highway 67 South P.O. Box 64; Paragon, Indiana 46166			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN		
TP-2236AA01	Base		
TP-802D	Quijada estacionaria		
TP-805B	Quijada movible		
TP-881E	Eje excéntrico montado sobre rodamiento antifricción		
TP-812X	Toggle		
TP-814A	Toggle bearing wedge		
TP-2236BA01	Varilla de tensión		

TP-524C	Resorte de tensión
TP-815	Block de ajuste
TP-801^a	Volante derecho
TP-801FA	Volante izquierdo
TP-518BB	Tuercas de regulación del tamaño del triturado
TP-800B	Pitman
TP-809^a	Platos superiores
TP-807^a	Platos inferiores
TP114	Motor eléctrico de accionamiento de trituradora primaria
TP115	Alimentador vibratorio de material
TP115-M	Motor eléctrico de accionamiento de alimentador vibratorio
TP116	Banda transportadora primaria
TP116-M	Motor eléctrico de accionamiento de banda transportadora primaria
TP116-M-R	Reductor de velocidad de motor eléctrico de banda transportadora primaria
TP116-P	Polea de transporte autolimpiable (comúnmente llamado pepino)

TP hace referencia a la Trituradora Primaria

Tabla IX. Codificación de equipo de trituración secundaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	CODIFICACIÓN DE EQUIPO	ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA
Equipo: Trituradora secundaria		Modelo: WRC45
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	
TS201	Ensamble superior	
TS202	Ensamble inferior	
TS-02-450-022-7022	Manto	
TS-02-450-022-7013	Cono	
TS-02-450-023	Bowl liner	
TS-02-360-087-0010	Bomba de lubricación	
TS-02-360-255	Filtro de aceite PM-13-11 AC	
TS208BR1	Banda transportadora de retorno 1	
TS208BR1-M1	Motor eléctrico de retorno 1	
TS208BR2	Banda transportadora de retorno 2	
TS208BR2-M2	Motor eléctrico de retorno 2	

TS hace referencia a la Trituradora Secundaria

Tabla X. Codificación de equipo de zaranda secundaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	CODIFICACIÓN DE EQUIPO	ÁREA DE ZARANDA SECUNDARIA
Equipo: Zaranda o Criba		Modelo: 3812
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	
CR301	Conducto de alimentación	
CR302	Escalpador	
CR303	Ensamble vibratorio	
CR304	Eje excéntrico	
CR305	Plataforma para criba	
CR306	Platos laterales	
CR307	Motor eléctrico	

CR hace referencia a la Criba o Zaranda

4.4 Inventario técnico de maquinaria y equipo

La importancia de la documentación técnica de las características principales de la maquinaria y equipo radica en que puede tenerse disponible dicha información ya sea para consulta o si existe la necesidad de solicitar algún equipo con estos datos. Para almacenar la información se diseñó un formato de ficha de registro. El inventario técnico se realizó mediante observación directa del equipo y haciendo uso del manual del fabricante.

Para mayor orden del inventario técnico se realizó por separado el registro del alimentador vibrátil el cual forma parte del equipo de trituración primaria; y las bandas transportadoras, las cuales están integradas según la etapa del proceso, ya que una banda se encuentra instalada en el área de trituración primaria, otras en el área de trituración secundaria que dirigen el material hacia

la zaranda, una que lleva el producto final desde el área de zaranda secundaria y otras dos que dirigen el material llamado polvillo que sale también del proceso de cribado.

En la tabla XI, se muestra el inventario técnico de la maquinaria y equipo de trituración, a través de fichas técnicas de información.

Tabla XI. Inventario técnico de maquinaria y equipo

<i>A. Alimentador vibrátil</i>	
FICHA DE REGISTRO	
Descripción: Alimentador vibrátil	No. serie:
Fabricante: J.W. Jones Co.	
Anchura:	Altura: Peso:
Capacidad:	
REGISTRO DE MOTOR ELÉCTRICO	
Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 20 hp • 15 kw • 50 Hz • 220/380 v • 3 fases 	Ubicación: Parte trasera del alimentador
	Datos adicionales: -Marca Marreli
<i>B. Trituradora primaria</i>	
FICHA DE REGISTRO	
Descripción: Trituradora primaria	No. serie: 14881 Modelo: 2236
Fabricante: J.W. Jones Co.	Dirección: Highway 67 South P.O. Box 64; Paragon, Indiana 46166
PARTES PRINCIPALES	
<ul style="list-style-type: none"> • Base Ancho: 95 pulg. Altura: 49 ½ pulg. Peso: 24,750 Lbs. Material: acero fundido	<ul style="list-style-type: none"> • Pitman Ancho: 95 pulg. Material: Acero fundido

<ul style="list-style-type: none"> • Quijada estacionaria Material: acero al manganeso Ancho: 43 pulg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quijada movable Material: acero al manganeso Ancho: 50 pulg.
<ul style="list-style-type: none"> • Toggle plate Material: hierro fundido 	<ul style="list-style-type: none"> • Toggle bearing wedge Material: hierro fundido
<ul style="list-style-type: none"> • Platos superiores e inferiores Material: acero al manganeso 	<ul style="list-style-type: none"> • Eje del pitman: Material: acero S.A.E. 4340
<p>Datos de cojinetes: (del pitman) Cantidad: 2 Tipo esférico autoalineante y Capacidad de carga combinada de 268,000 Lbs.</p> <p>(laterales) Cantidad: 2 Tipo esférico autoalineante y Capacidad de carga combinada de 308,000 Lbs.</p>	
REGISTRO DE MOTOR ELÉCTRICO	
<p>Placa de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 50 hp • 1780 rpm • 60 Hz • 440/220 V • 60.5/121 A • 3 fases • Conexión $\Delta/2\Delta$ 	<p>Ubicación: Parte lateral de la base</p> <p>Datos adicionales: -Marca FUTO Nanping Electric Machinery Works -8 fajas C-210 marca Superbelt -Da movimiento al eje del pitman</p>
<i>C. Trituradora secundaria</i>	
FICHA DE REGISTRO	
Descripción: Trituradora secundaria	No. serie: 236 Modelo: WRC45
Fabricante: J.W. Jones Co.	Dirección: Highway 67 South P.O. Box 64; Paragon, Indiana 46166
Peso: 14,514 kg.	
PARTES PRINCIPALES	
<ul style="list-style-type: none"> • Ensamble superior Peso: 4,354 Kg. Altura: 49 ½ pulg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensamble inferior Peso: 7,099 Kg. Altura: 51 ¼ pulg.
<ul style="list-style-type: none"> • Cono Peso: 1,814 Kg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manto Peso: 535 Kg.
<ul style="list-style-type: none"> • Bowl liner Peso: 712 Kg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eje
REGISTRO DE MOTOR ELÉCTRICO	

Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 50 hp • 1770 rpm • 60 Hz • 460/230 V • 58.9/117.8 A • 3 fases • Frame 326 T • Diseño B 	Ubicación: Parte lateral de la base
	Datos adicionales: -Marca US-MOTOR -4 fajas D-120 marca First Super -Da el movimiento a la trituradora

D. Zaranda secundaria

FICHA DE REGISTRO	
Descripción: Zaranda secundaria	Modelo: PW3812
Fabricante: R.R. EQUIPMENT CO.	Dirección: 11020 Cherry Avenue Fontana, CA 92337
Tipo: 2 niveles	
PARTES PRINCIPALES	
Suspensión	Ensamble vibratorio
Escalador	Plataforma para criba
Platos laterals	
REGISTRO DE MOTOR ELÉCTRICO	
Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 20 hp • 1700 rpm • 60 Hz 	Ubicación: Parte lateral de la zaranda
	Datos adicionales: -Da movimiento a la zaranda

E. Bandas transportadoras

FICHA DE REGISTRO	
Descripción: Bandas transportadoras	No. serie: Modelo:
Fabricante: Cedarapids	Dirección: 11020 Cherry Avenue Fontana, CA 92337
Velocidad de diseño: 350 pie/min	
Elementos principales: Polea tipo ala: permite la autolimpieza entre la polea y la banda Polea cilíndrica: colocada en la parte frontal Rodillos de avance: instalados a 20 grados y con cojinetes permanentes Rodillos de retorno: con cojinetes permanentes Reductores de velocidad:	

REGISTRO DE MOTORES ELÉCTRICOS

BANDA PRIMARIA

Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1730 rpm • 60 Hz • 220/440 V • 13.6/6.8 A • Armazón 184 T 	Datos adicionales: <ul style="list-style-type: none"> -Marca SIEMENS -2 fajas B-82 marca superbelt -Da movimiento a la banda transportadora
--	---

BANDA DE RETORNO 1

Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1725 rpm • 60 Hz • 220/460 V • 13.6/6.8 A • 3 fases • Frame 215 	Datos adicionales: <ul style="list-style-type: none"> -Marca Westinghouse -2 fajas B-73 marca F&F
---	--

BANDA DE RETORNO 2

Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1725 rpm • 60 Hz • 220/460 V • 13.6/6.8 A • 3 fases • Frame 215 	Datos adicionales: <ul style="list-style-type: none"> -Marca Westinghouse -2 fajas B-73 marca F&F
---	--

BANDA DE POLVILLO 1

Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1725 rpm • 60 Hz • 220/460 V • 13.6/6.8 A • 3 fases • Frame 215 	Datos adicionales: <ul style="list-style-type: none"> -Marca Westinghouse -2 fajas B-73 marca F&F
---	--

BANDA DE POLVILLO 2

Placa de datos:	Datos adicionales:
------------------------	---------------------------

<ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1725 rpm • 60 Hz • 220/460 V • 13.6/6.8 A • 3 fases • Frame 215 	<ul style="list-style-type: none"> -Marca Westinghouse -2 fajas B-73 marca F&F
BANDA DE PRODUCTO TERMINADO	
Placa de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 5 hp • 1725 rpm • 60 Hz • 220/460 V • 13.6/6.8 A • 3 fases • Frame 215 	<ul style="list-style-type: none"> -Marca Westinghouse -2 fajas B-73 marca F&F

4.5 Asignación de actividades de mantenimiento

Es la actividad que consiste en asignar las tareas de mantenimiento preventivo, al personal encargado; el personal responsable del mantenimiento, deberá contar con las habilidades necesarias para poder cumplir con las tareas asignadas. Para ello se deberá llenar una boleta de asignación como la que se muestra en la tabla XII.

El gerente de producción describe en la boleta los trabajos que el mecánico encargado debe realizar en el equipo asignado, basado en las tablas VI y VII; la boleta debe llevar un número correlativo, el nombre del equipo donde se realizará el trabajo, fecha y el nombre del mecánico asignado. Deberá indicarse el tipo de trabajo que se realizará, si es lubricación, limpieza, ajustes, u otro tipo de tarea.

Para dicha actividad se deberán tomar en cuenta la habilidad, capacidad y experiencia del mecánico, ya que a partir de estos factores se podrán esperar resultados satisfactorios respecto a la reparación o servicio de la maquinaria.

El mecánico encargado de realizar la actividad de mantenimiento deberá anotar la hora de inicio y hora en que se da por terminado el trabajo asignado, y entregarla al gerente de producción al finalizar el trabajo.

En la tabla XXX del apéndice, se muestra un ejemplo de asignación de actividades de mantenimiento.

Tabla XII. Boleta de asignación de actividades de mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		BOLETA DE ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		No.: _____
Equipo: _____		Fecha: _____		
Mecánico: _____				
Lubricación: <input type="checkbox"/>		Limpieza: <input type="checkbox"/>	Ajustes: <input type="checkbox"/>	Otros: <input type="checkbox"/>
#	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	HORA INICIO	HORA FINAL	
Encargado: _____				

4.6 Rutinas de mantenimiento

Son aquellas actividades de mantenimiento a desarrollar en el equipo de trituración, siendo estas específicamente: lubricación, limpieza y ajustes; con las que se pretende mejorar las condiciones de funcionamiento de la maquinaria y equipo. Estas tareas de mantenimiento se realizan de acuerdo al intervalo de tiempo recomendado en el manual del fabricante de la maquinaria y con base a la necesidad que presentan algunos elementos por su condición actual.

Las rutinas antes mencionadas se desarrollan de acuerdo al área del proceso, como lo son: área de trituración primaria, área de trituración secundaria y área de zaranda o cribado. Para la lubricación, limpieza y ajustes de equipo se propone un formato para cada una de las tareas de mantenimiento preventivo (ver tablas XIII a la XV), el cual representa una inversión, pues se eliminan las fallas y deterioros prematuros de los componentes de la maquinaria. Con estas rutinas de mantenimiento se pretende prevenir que existan paros que alteren el normal desarrollo de las actividades de producción.

4.6.1 Área de trituración primaria

Es el área donde se encuentra instalado el alimentador vibratorio, la trituradora de quijadas, y la banda transportadora primaria. Estos son los elementos que forman parte de la fase de trituración primaria de la grava de río, los cuales sufren desgaste o desajustes provocados por el esfuerzo de impacto entre la materia prima y la maquinaria y los movimientos vibratorios, aunque también influye en gran manera la antigüedad de la maquinaria. Para este conjunto de equipos se establecieron las rutinas de mantenimiento a realizar en ellos como se muestra en los siguientes formatos.

4.6.1.1 Lubricación

Es la actividad que se encarga de brindar a los componentes de la maquinaria, protección contra desgastes ocasionados por el contacto entre dos superficies, y evita el sobrecalentamiento de los mismos. La tabla XIII muestra las tareas a realizar en el área de trituración primaria y la frecuencia con que debe ser aplicada.

Tabla XIII. Rutinas de lubricación en área de trituración primaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"		RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA				
Equipo: Trituradora Primaria		Fabricante: J.W. Jones Co.		Servicio: Lubricación				
Modelo: 2236		No. Serie: 14881						
Descripción del trabajo			TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRA	ANUAL
Nivelación de aceite en depósito de alimentador vibrátil				✓				
Lubricación de resortes de soporte de la tolva				✓				
Lubricar cojinetes de motores eléctricos				✓				
Lubricar cojinetes del Pitman				✓				
Lubricar cojinetes del eje de poleas				✓				
Lubricar Toggle plate o barra loca				✓				
Lubricar roscas de ajuste de la cuña					✓			
Lubricar varilla de ajuste de la quijada movable					✓			
Cambiar el lubricante de los cojinetes del Pitman						✓		
Lubricar cojinetes de chumaceras de polea autolimpiable y tipo tambor				✓				
Encargado:				Vo.Bo.:				

4.6.1.2 Limpieza

Esta actividad de mantenimiento se encarga de eliminar los restos de suciedad que podrían ocasionar problemas de funcionamiento y calentamiento en los componentes del equipo, o provocar accidentes al personal operativo. La limpieza también mejora la apariencia del equipo, brindándole al mismo tiempo una mejor imagen a la empresa. En la tabla XIV, se muestran las rutinas de limpieza en el área de trituración primaria.

Tabla XIV. Rutinas de limpieza en área de trituración primaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA					
Equipo: Trituradora Primaria		Fabricante: J.W. Jones Co.		Servicio:					
Modelo: 2236		No. Serie: 14881		Limpieza					
Descripción del trabajo				TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRA	ANUAL
Limpiar tolva de recepción					✓				
Limpiar toggle plate y cuñas de ajuste						✓			
Limpiar residuos de lubricante en el exterior de la trituradora y del alimentador vibrátil							✓		
Encargado:				Vo.Bo.:					

4.6.1.3 Ajustes

Al igual que las actividades de mantenimiento anteriores, el ajuste de equipo permite la reducción de fallas al brindar mayor estabilidad de los componentes ante los movimientos vibratorios, evitando también daños en su estructura. La tabla XV muestra las rutinas de mantenimiento en el área de trituración primaria.

Tabla XV. Rutinas de ajustes en área de trituración primaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			ÁREA DE TRITURACIÓN PRIMARIA		
Equipo: Trituradora Primaria		Fabricante: J.W. Jones Co.			Servicio: Ajustes		
Modelo: 2236		No. Serie: 14881					
Descripción del trabajo		TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTR	ANUAL
Ajustar la abertura entre quijadas			✓				
Ajustar el Pitman por medio de la varilla de tensión			✓				
Calzar la trituradora móvil para corregir el desgaste					✓		
Ajustar los platos de ajuste de la quijada estacionaria					✓		
Ajustar el fijador del reductor de velocidad				✓			
Alinear motores eléctricos				✓			
Verificación de tensión en correas de motores eléctricos				✓			
Encargado:				Vo.Bo.:			

4.6.2 Área de trituración secundaria

Corresponde al área compuesta por la trituradora secundaria tipo cono y las bandas transportadoras de retorno 1 y 2.

4.6.2.1 Lubricación

Tabla XVI. Rutinas de lubricación en área de trituración secundaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA				
Equipo: Trituradora Secundaria	Fabricante: J.W. Jones Co.		Servicio: Lubricación				
Modelo: WRC45	No. Serie: 236						
Descripción del trabajo	TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTR	ANUAL	
Lubricar cojinetes del eje excéntrico de la zaranda secundaria		✓					
Lubricar cojinetes de motores eléctricos de la zaranda y de la trituradora secundaria			✓				
Verificación de nivel de aceite del depósito de aceite de la trituradora secundaria tipo cono		✓					
Lubricar cojinetes de chumaceras de poleas autolimpiables y tipo tambor de las bandas transportadoras de retorno, de producto terminado y de polvillo		✓					
Lubricar cojinetes de motores eléctricos de las bandas transportadoras de retorno, de producto terminado y de			✓				

polvillo						
Nivelación de aceite en reductores de velocidad de las bandas transportadoras de retorno, de producto terminado y de polvillo			✓			
Encargado:	Vo.Bo.:					

4.6.2.2 Limpieza

Corresponde a la remoción de suciedad y residuos de lubricante en el área de trabajo, como se indica en la figura tabla XVII.

Tabla XVII. Rutinas de limpieza en área de trituración secundaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"		RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA				
Equipo: Trituradora Secundaria		Fabricante: J.W. Jones Co.		Servicio:				
Modelo: WRC45		No. Serie: 236		Limpieza				
Descripción del trabajo			TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTR	ANUAL
Limpieza de cribas de la zaranda secundaria				✓				
Limpieza interna del ensamble superior de la trituradora secundaria				✓				
Encargado:			Vo.Bo.:					

4.6.2.3 Ajustes

Debido al constante funcionamiento, este equipo tiende a variar la abertura entre el manto y la base de la trituradora, el cual influye en el tamaño del producto que se desea obtener. Las bandas transportadoras de retorno también requieren de un ajuste frecuente, como se observa en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Rutinas de ajustes en área de trituración secundaria

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ÁREA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA				
Equipo: Trituradora Secundaria		Fabricante: J.W. Jones Co.		Servicio: Ajustes				
Modelo: WRC45		No. Serie: 236						
Descripción del trabajo			TIEMPO DE EJECUCIÓN (HR.)	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTR	ANUAL
Verificar tensión y nivel en los tornillos de soporte de zaranda secundaria				✓				
Verificar nivel de inclinación del cuerpo de la zaranda				✓				
Verificar tensión de fajas de motores eléctricos				✓				
Verificación de nivel de aceite hidráulico en sistema de amortiguación de trituradora secundaria				✓				
Verificación de presión (2100 psi) en el tanque de presión de la trituradora secundaria				✓				
Verificación de no encontrarse obstrucciones entre el cono giratorio y el bowl liner previo a la puesta en marcha				✓				
Ajuste de fijadores de los reductores de velocidad					✓			
Encargado:				Vo.Bo.:				

4.7 Stock de repuestos

Con un adecuado stock de repuestos se puede disminuir la pérdida de tiempo de producción causado por la falla inesperada de algún componente de la maquinaria de trituración, ya que se estaría contando inmediatamente con los repuestos necesarios ya sea para este tipo de emergencias o para la sustitución de componentes antes de su falla.

En la tabla XIX, se propone un stock de repuestos mensual para la maquinaria y equipo de trituración de la empresa Vado Hondo, constituido por los componentes que son indispensables tener en existencia, para optimizar el tiempo de reparación de equipo o sustitución de una pieza.

El siguiente stock de repuestos propuesto, se elaboró de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las necesidades de repuestos observadas directamente en la planta e información brindada por el personal de la empresa, debido a que no se cuenta con registros o stock de repuestos.

La información brindada por el personal es valiosa para determinar los elementos que con mayor frecuencia tienden a fallar. A esta técnica se le conoce como Sistematización De Experiencias, como se describió en el inciso 2.3.3.6. Es necesario tener disponible electrodo, chumaceras para motores eléctricos y para reductores de velocidad, fajas para motores eléctricos, lubricante para el equipo de trituración, lañas o sujetadores para la unión de las bandas transportadoras (ver tabla XIX).

Tabla XIX. Stock de repuestos mensual

ITEM	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTI- DAD	UNIDAD
Artículos de Ferrería	Electrodo E7018 3/32"		30	Lbs.
	Electrodo E6011 3/32"		30	Lbs.
	Electrodo base		30	Lbs.
	Electrodo de revestimiento		40	Lbs.
Chumaceras	Tipo corredizas		5	
	Tipo media luna		5	
Elementos de seguridad	Cascos		5	
	Guantes		5	
Fajas para motores	Fajas B-75	Marca Superbelt	5	
	Fajas C-210	Marca Superbelt	4	
	Fajas D-120	Marca First Super	4	
Faja para transportadores	Faja para transportadores		25	Pie
Lubricantes	Aceite hidráulico		10	Galón
	Aceite SAE 90	Marca Shell	10	Galón
	Grasa grado 3		10	Galón
Lañas	Lañas para fajas de bandas transportadoras		3	Cajas

4.8 Registro de reparaciones y mantenimiento

La documentación de los trabajos de reparaciones y mantenimiento realizados en un equipo en particular ayuda a formar un historial de la maquinaria y tener disponible información necesaria para detectar las causas mas frecuentes de falla y las actividades preventivas que mas se requieren. Para ello se necesita obtener los datos de la maquinaria y registrarlos en una ficha para datos. En la tabla XX, se muestra el formato propuesto para anotar la información de las actividades realizadas en los equipos.

4.8.1 Obtención de datos

Para obtener los datos, es necesario consultar las boletas de asignación de actividades, descritas en la tabla XII; los datos de las boletas, se transcriben en la ficha de registro propuesta en la tabla XX, donde se anotarán las actividades de mantenimiento realizadas, fecha, y tiempo total de ejecución de la tarea respectiva.

4.8.2 Formato de ficha para datos

En este formato se anota el número de orden, la fecha en que se realizó el trabajo, la descripción general de la actividad realizada, el equipo donde se aplicó el trabajo, la acción correctiva o preventiva ejecutada en el equipo, el tiempo que se requirió para el trabajo, y por último se anota el costo que representó la tarea desarrollada.

La ficha de registro, la llenará el gerente de producción, con el visto bueno del gerente general de la empresa. Ver ejemplo de registro en la tabla XXXI del apéndice.

Tabla XX. Ficha de registro de reparación y mantenimiento de equipo

ORDEN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	ACCIÓN CORRECTIVA/ PREVENTIVA	HORAS USADAS	COSTO

138

(f): _____
Gerente de producción

(f): _____
Vo. Bo. Gerente general

4.9 Supervisión

Se refiere a la actividad técnica que se desarrollará en el área de trabajo para observar y evaluar las tareas realizadas de mantenimiento preventivo en la maquinaria y equipo de trituración. Con la supervisión del mantenimiento, se estará asegurando que las funciones asignadas se están llevando a cabo de acuerdo a lo planificado. La supervisión de actividades permite visualizar los problemas existentes para luego corregirlos y lograr los resultados esperados.

4.9.1 Rutinas de supervisión

Será necesario observar la aplicación de las actividades de lubricación, limpieza y ajustes de la maquinaria y equipo de trituración por medio de la supervisión para vigilar que todo se esta desarrollando de la manera correcta. El supervisor deberá analizar las tareas efectuadas según el equipo donde se desarrolló el trabajo y registrar los resultados en una ficha para datos.

4.9.2 Formato de ficha para datos

El supervisor deberá anotar en la ficha para datos, el equipo donde se está realizando el trabajo de mantenimiento, el nombre del mecánico responsable del trabajo y fecha, luego se debe anotar el nombre de las piezas que se están lubricando, limpiando o ajustando. La columna con las letras *ok*, será para que el supervisor indique si el trabajo se está realizando correctamente, de lo contrario, cualquier observación o causa que afecte la correcta ejecución del mantenimiento, será anotada en la columna de observaciones; al final aparecerá la firma del supervisor y el visto bueno del gerente de producción. La tabla XXI muestra el formato para supervisión del mantenimiento y en la tabla XXXII del apéndice se muestra un ejemplo.

Tabla XXI. Formato de ficha para supervisión del mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"		HOJA DE SUPERVISIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				Nº:
Equipo:					Fecha:	
Mecánico:			Supervisor:			
Pieza	Lubricación	Limpieza	Ajustes	O.K.	Observaciones	
Responsable:					Firma:	
Vo.Bo.:					Firma:	

4.10 Control de actividades de mantenimiento

Se refiere a vigilar las actividades de mantenimiento para asegurar que se están cumpliendo conforme a lo planeado. Para ello se trabajará con una boleta de control como se muestra en la tabla XXII.

En la boleta se anota el nombre del mecánico y fecha en que se realiza el trabajo de mantenimiento, luego se describe la actividad de mantenimiento que se está realizando. El gerente de producción deberá controlar el trabajo, basado en tres criterios: capacidad, habilidad y responsabilidad del mecánico; el gerente indicará si el mecánico satisface o no, cada uno de los criterios.

En caso de no satisfacer cualquiera de los criterios establecidos para el control, el gerente anotará en el área de observaciones, las causas que provocaron la insatisfacción.

A partir de los resultados obtenidos en la boleta, el gerente podrá estimar cuándo es necesaria la capacitación del personal de mantenimiento, debido que con la capacitación se podrán esperar mejores resultados en los trabajos.

En la tabla XXXIII del apéndice, se muestra un ejemplo de control de las actividades de mantenimiento.

Tabla XXII. Ficha de control semanal de actividades de mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	CONTROL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
Nombre del mecánico:		Fecha:
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:		
Capacidad: Satisface <input type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>	Habilidad: Satisface <input type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>	Responsabilidad: Satisface <input type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>
Observaciones:		
Encargado:		Firma:

4.11 Seguimiento

Consiste en mejorar el mantenimiento preventivo a través de actualizaciones constantes de los datos técnicos de los equipos y la presentación de informes impresos con información técnica de los activos fijos y de todos aquellos posibles datos nuevos encontrados a causa de alguna sustitución o reparación de un componente o equipo.

4.11.1 Actualización de datos

Para ello se puede hacer uso de los datos relativos a los equipos e instalaciones, tales como:

- a. *Características de fabricación de los equipos:* en caso de existir nuevos datos originados por una nueva pieza o equipo completo, se procede a agregar estos nuevos datos en el inventario técnico propuesto en la tabla XI, lo que facilitará la consulta y obtención de los datos técnicos necesarios para pedir algún repuesto o equipo completo en caso de una emergencia o por mantener un stock de repuestos optimo.

- b. *Problemas surgidos durante su operación:* todas las fallas o anomalías que puedan detectarse en los equipos deben registrarse en el formato diseñado para las reparaciones y mantenimiento de equipo respectivo, para que mas adelante pueda ser utilizada como herramienta para facilitar la detección de problemas y la solución inmediata.

4.11.2 Impresión de reportes

Estos son los documentos informativos básicos y fundamentales que resumen las características actuales de cada equipo y sus datos operativos. Se deben incluir los siguientes datos e informaciones:

- Instalación de la que forma parte,
- Ubicación exacta dentro de la instalación,
- Tipo de máquina,
- Datos específicos (modelo, dimensiones, peso)
- Proveedor y fecha de compra,

- Otros datos que puedan ser de interés de los usuarios de los reportes,

En la tabla XXIII se muestra un formato propuesto de reporte de datos técnicos de los equipos, para el seguimiento del mantenimiento preventivo. Los nuevos datos serán agregados al inventario técnico de la tabla XI.

En la tabla XXXIV del apéndice, se muestra un ejemplo de actualización de datos.

Tabla XXIII. Ficha de actualización de datos

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"	REPORTE DE ACTUALIZACIÓN DE DATOS	Fecha:
		No.
Equipo:		No. Serie:
Ubicación:		Modelo:
Proveedor:	Fabricante:	
Fecha de compra:		
Datos técnicos:		
Encargado:		

4.12 Personal

4.12.1 Evaluación del desempeño

El método propuesto a utilizar para evaluar el desempeño del personal de trituración de la empresa Vado Hondo, es el método de escala de calificación por puntos. El evaluador debe desarrollar una evaluación subjetiva del desempeño del empleado en una escala asignada que vaya de un nivel bajo a alto. Unas de las ventajas de éste método son: la facilidad de su desarrollo, el evaluador requiere poca capacitación y se puede aplicar a grupos grandes de empleados.

4.12.1.1 Fijación de objetivos

La evaluación del desempeño es una herramienta útil para conocer el desenvolvimiento de los trabajadores en su área de trabajo y lograr objetivos que mejoren su desempeño y la relación entre jefe y trabajador. Dentro de los objetivos que se pretenden lograr con la evaluación del desempeño en la empresa Vado Hondo se establecen los siguientes:

- Describir de una manera confiable la manera en que los trabajadores llevan a cabo su puesto de trabajo respectivo.
- Estimar el rendimiento de los trabajadores del área de trituración de la empresa Vado Hondo.
- Identificar por medio de la evaluación del desempeño las fortalezas así como las debilidades de formación en los trabajadores.

- Tomar decisiones de acción para mejorar el rendimiento de los trabajadores en caso de encontrar deficiencias en su desempeño.
- Mejorar la comunicación entre jefe y trabajador.
- Establecer compromisos de acción entre jefe y trabajador para mejoramientos futuros.
- Estimular a los trabajadores para obtener mejores resultados.
- Valorar la contribución de trabajo de cada uno de los trabajadores.

4.12.1.2 Responsables de la evaluación

El evaluador es la persona que se encarga de realizar la evaluación y de llevar a cabo la entrevista individual. El gerente de producción de la empresa Vado Hondo es la persona adecuada para desarrollar dichas actividades y quien hará reconsiderar las conclusiones de la evaluación de ser necesario, esto, para evitar conflictos con el evaluado al momento de que se presente alguna inconformidad.

4.12.1.3 Estándares de desempeño

La evaluación requiere de estándares los cuales constituyen los parámetros que permiten una medición más objetiva. Resultan del análisis de puestos, que muestra las normas específicas de desempeño mediante el análisis de las labores. Basándose en las responsabilidades y labores en la descripción del puesto, se puede decidir qué elementos son esenciales y deben ser evaluados. Cuando se carece de esta información, los estándares pueden

definirse a partir de observaciones directas sobre el puesto o conversaciones directas con el jefe inmediato.

4.12.1.4 Programación de evaluación

Consiste en el establecimiento de los períodos de tiempo para el desarrollo de la evaluación del desempeño. Dicha evaluación se desarrollará una vez al año en el mes de noviembre, ya que los resultados obtenidos se pueden utilizar para proyectar y establecer nuevos objetivos o estrategias para el siguiente año. El día será especificado por el gerente de producción, ya que por motivos de que con frecuencia hay pedidos muy grandes de material y se debe cumplir con la fecha de entrega, no se podría establecer un día específico para el desarrollo de la evaluación. El día que el gerente de producción decida llevar a cabo la evaluación, será dado a conocer a los trabajadores con tres días de anticipación como mínimo.

4.12.1.5 Procedimiento

Una vez establecido el período para llevar a cabo la evaluación de desempeño, se procede a su desarrollo iniciando con la definición de puestos como se muestra en el siguiente inciso.

4.12.1.5.1 Definición de puestos

Para iniciar el proceso de desarrollo de la evaluación del desempeño, es necesario definir los puestos de trabajo del personal a evaluar, esto es, que tanto el gerente de producción como el personal de trituración estén de acuerdo con las responsabilidades y los criterios de desempeño del puesto; debiendo llenar un formulario con las siguientes características:

a. Datos de identificación

En esta parte se coloca el nombre del puesto y la persona a la que se le va a reportar todo respecto al trabajo quien en este caso es el gerente de producción.

b. Descripción

Aquí se describe de manera general la función del puesto de trabajo.

c. Propósito principal

Se describen específicamente las funciones más importantes del puesto de trabajo.

d. Criterios de desempeño

Son todos aquellos criterios que influyen en el correcto desarrollo de las actividades del puesto y que deberán ser evaluados.

e. Revisión

Son las firmas de conformidad tanto del jefe y el trabajador, indicando que ambos están de acuerdo con las responsabilidades que el puesto exige y con los criterios de desempeño.

La tabla XXXV del apéndice, muestra un ejemplo de definición de puesto.

Tabla XXIV. Formulario para la definición del puesto

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	DEFINICIÓN DEL PUESTO	ÁREA DE TRITURACION
<u>DATOS DE IDENTIFICACIÓN</u>		
Denominación del puesto:		
Le reporta a:		
<u>DESCRIPCIÓN</u> <hr/> <hr/>		
<u>PROPÓSITO PRINCIPAL</u> <hr/> <hr/>		
<u>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</u>		
CRITERIO	DEFINICIÓN	
Cooperación	Es la ayuda que se brinda a otras personas, compañeros de trabajo, jefe, etc.	
Relaciones interpersonales	Relación adecuada y respetuosa entre compañeros de trabajo	
Trabajo en equipo	Capacidad para integrarse y trabajar en un objetivo común con un número determinado de personas	
Iniciativa	Actitud que toma el empleado para buscar formas de solucionar problemas o mejorar procedimientos	
Puntualidad	Es cumplir con el horario de trabajo, con el fin lograr los objetivos que diariamente deben lograrse	
Responsabilidad	Es la obligación que asume todo trabajador para cumplir con las funciones que le han sido delegadas	
Disciplina y obediencia	Es acatar las instrucciones recibidas de sus superiores y cumplir las funciones del puesto	
Cuidado y buen uso de equipo	Es velar por el cuidado y buen uso del equipo que se utilice en el desarrollo del trabajo	

REVISIÓN

Por conformidad del empleado con la definición del puesto, se firma el presente documento a los _____ días del mes de _____ de 200__.

(f). JEFE INMEDIATO	(f). EMPLEADO

4.12.1.5.2 Evaluación

Luego de definir los puestos de trabajo, se procede al desarrollo de la evaluación del desempeño, en la cual se evalúan una serie de criterios previamente establecidos, como se describe a continuación.

4.12.1.5.2.1 Criterios de evaluación

Se trata de capacidades, rasgos personales y de comportamiento, que se pueden utilizar para analizar las características personales del empleado que desarrolla una serie de actividades dentro de la empresa. Los criterios a considerar para la evaluación del desempeño del personal de trituración de Vado Hondo y que ya han sido mencionados en la definición del puesto en el inciso 5.5.1, son los siguientes:

- Cooperación
- Relaciones interpersonales
- Trabajo en equipo
- Iniciativa

- Puntualidad
- Responsabilidad
- Disciplina y obediencia
- Cuidado y buen uso de equipo

4.12.1.5.2.2 Guía de calificación

De acuerdo al formulario propuesto, la guía para asignar la calificación de la evaluación muestra la escala de puntos y el nivel de rendimiento del trabajador a evaluar, cuya definición y valor son mostrados en la tabla XXV.

Tabla XXV. Guía de calificación para evaluación del desempeño

RANGO EN PUNTOS	NIVEL DE RENDIMIENTO
1-2	Implica que el desarrollo de su trabajo es deficiente
3-4	Implica que no hay quejas de su trabajo pero tampoco sobresale
5-6	Implica que el desempeño de su trabajo es satisfactorio
7-8	Implica que el desarrollo de su trabajo se encuentra en un nivel aceptable y cumple los requerimientos del puesto
9-10	Implica que la ejecución del trabajo se cumplió de acuerdo a lo programado y sobresale con los requerimientos del puesto

4.12.1.5.2.3 Formulario de evaluación

A continuación se muestra en la tabla XXVI, el formato del formulario propuesto para desarrollar la evaluación del desempeño al personal de Vado Hondo. En la tabla XXXVI del apéndice se muestra un ejemplo del uso del formulario para evaluar el desempeño de los trabajadores.

MEDIDAS DE MEJORAMIENTO

NECESITA MEJORAR	PLAN DE ACCIÓN A SEGUIR	REQUERIMIENTOS

COMENTARIOS

--

REVISIÓN

Por conformidad del empleado con el resultado de la evaluación, se firma el presente documento a los _____ días del mes de diciembre de 200__.

(f). JEFE INMEDIATO	(f). EMPLEADO

4.12.1.5.2.4 Entrevista de evaluación

Es un diálogo que se llevará a cabo entre el evaluador y el trabajador sobre su actuación y los resultados obtenidos durante un período determinado de tiempo, así como su desarrollo personal para mejorar los resultados futuros.

Todo trabajador necesita medir su eficacia para progresar y debe saber lo que se espera de él, en un futuro próximo, en su puesto de trabajo. Por otra parte, la gerencia debe tener estos datos para poder conocer mejor a su personal. Por lo tanto, la entrevista individual es un instrumento que beneficia a ambas partes, ya que su objetivo es mejorar la comunicación en estos aspectos, estableciendo al mismo tiempo un compromiso que coadyuve al cumplimiento de metas en un período determinado.

Tomando en cuenta que la finalidad básica de la entrevista es mejorar el rendimiento y el desarrollo del trabajador, en la entrevista se deberá procurar lo siguiente:

- Proporcionar un *feed-back* al trabajador sobre su actuación.
- Establecer compromisos para el próximo período.
- Promover el desarrollo del trabajador en su puesto, mediante la identificación de sus necesidades de formación y motivándole para que mejore.

Vale la pena recordar que la entrevista de evaluación no tiene como meta comunicar y apoyar decisiones administrativas (incrementos salariales, traslados, etc.). Aunque estos aspectos pueden ser de interés al trabajador, abordarlos en el momento de la entrevista no fomenta una mejora en la actuación individual del mismo.

El objetivo de la entrevista es analizar, con el evaluado, los resultados obtenidos de la evaluación. Por lo tanto, en esta fase, el evaluador tiene que exponer su valoración y el evaluado debe dar su punto de vista para poder llegar a un consenso sobre la valoración obtenida.

Para preparar la entrevista deben tomarse en cuenta dos aspectos:

- El evaluador deberá fijar una fecha y hora para efectuar la entrevista y hacérsela saber al evaluado con una semana de antelación aproximadamente.
- El evaluador deberá estudiar en detalle el método de evaluación aplicado y asegurarse de que conoce cual ha sido la actuación de la persona en relación a su desempeño.

4.12.1.6 Medición del desempeño

Es el sistema de calificación de cada labor. Debe ser de uso fácil, ser confiable y calificar los elementos esenciales que determinan el desempeño.

Para medir el desempeño se hace el promedio de los promedios de las actividades específicas del puesto y los criterios de desempeño, esto es, $(\text{promedio 1} + \text{promedio 2})/2$.

Una vez medido el desempeño, se obtiene una imagen actualizada del trabajador que permite establecer una base o indicador objetivo para la toma de decisiones. Por lo tanto, la medición del desempeño representa una evidencia objetiva para las decisiones que se tomen sobre los trabajadores.

4.12.1.6.1 Análisis de resultados

Luego de haber obtenido el resultado de la evaluación, se procede a analizarlo para tomar las decisiones pertinentes que se enfoquen en el mejoramiento del resultado.

Entre las decisiones a considerar podría ser la de otorgar una bonificación al personal, por haber conseguido un desempeño sobresaliente en su trabajo. Otra decisión podría ser la de otorgar vacaciones debido a que quizá algunos empleados lo prefieran de esa forma en lugar de pagos en efectivo. Con esto, los trabajadores sabrán lo que se espera de ellos y tendrán claras las metas de la empresa.

En caso de obtener un nivel de desempeño deficiente, las decisiones podrían consistir en fortalecer las áreas débiles del personal a través de capacitaciones constantes como estrategia de desarrollo que les permita superar sus debilidades y poder adquirir las habilidades necesarias. El personal con más tiempo en la empresa y que mayor conocimiento posee del proceso productivo y del funcionamiento del equipo, podría ser quien adiestre o capacite al personal con bajo rendimiento, aprovechando de esta forma, las oportunidades que la empresa tienen a su alcance.

4.12.1.6.2 Informe de resultados

Es importante tener los resultados de la evaluación disponibles para que puedan ser consultados en cualquier momento y para tener un historial del desempeño del personal de la empresa.

Los resultados obtenidos de la evaluación pueden mostrarse haciendo uso del formato mostrado en la tabla XXVII. En la tabla XXXVII del apéndice se muestra un ejemplo de informe de resultados de evaluación de desempeño.

Tabla XXVII. Formato de informe de resultado de evaluación del desempeño

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"	INFORME DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO		ÁREA DE TRITURACIÓN	
NOMBRE:	No. EMPLEADO:			
PUESTO:	FECHA DE EVALUACIÓN:			
	D:	M:	A:	
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN:				
NECESITA MEJORAR:				
PLAN DE ACCIÓN:				
REQUERIMIENTOS:				
JEFE INMEDIATO:				
	Firma:			

4.12.1.7 Retroalimentación

La retroalimentación es información que ayuda a la gente a saber si va por el camino correcto para alcanzar sus metas y desempeño de manera efectiva.

El proceso de evaluación del desempeño proporciona información vital respecto a la forma en que se administran los recursos humanos de una organización. Si el proceso de evaluación indica que el desempeño de bajo nivel es frecuente en la organización, serán muchos los empleados excluidos de los planes de promociones, será alto el porcentaje de problemas de personal y bajo en general el nivel de dinamismo de toda la empresa.

Los niveles altos de empleados que no se desempeñan bien pueden indicar la presencia de errores en la administración de personal. Es por ello la importancia de brindarles retroalimentación continua a los trabajadores; una manera sencilla pero eficaz de hacerlo es a través de diálogos permanentes con el gerente de producción en la que se les hace ver sus fortalezas y debilidades respecto a su desempeño.

El empleado necesita saber cómo se está desempeñando en comparación con lo que se espera de su trabajo, unas de las causas mas frecuentes de los problemas de desempeño radica en que no se brinda retroalimentación frecuente y se tienen expectativas vagas sobre el trabajo.

4.12.2 Capacitación de personal

Se debe considerar la capacitación de personal como prioritaria para lograr así el desarrollo y desempeño del personal encargado de mantenimiento, independientemente de su posición y nivel educativo.

Para capacitar al personal que estará encargado de la aplicación del plan propuesto de mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo de trituración de Vado Hondo, pueden impartirse charlas informativas para alcanzar, entre otras, las metas siguientes:

- Facilitar la ejecución del mantenimiento preventivo propuesto.
- Insistir en los conceptos básicos de seguridad e higiene industriales.
- Lograr una correcta operación del equipo de trituración.
- Disminuir el número de fallas ocasionadas por desconocimiento del operador y falta de mantenimiento preventivo.
- Conocimiento y uso de los diferentes formatos diseñados para la aplicación del presente plan propuesto de mantenimiento preventivo.

Las charlas de capacitación pueden ser impartidas por el gerente de producción a través del uso de material de apoyo como hojas informativas, fotocopias de los formatos del capítulo 4 de este trabajo, y presentaciones audiovisuales relacionadas con la importancia del presente plan propuesto de mantenimiento preventivo y las ventajas de su aplicación. Dichas charlas pueden impartirse una vez por mes en el día y horario que mejor convenga a la empresa.

4.13 Costo de la propuesta

Consiste en los costos en que la empresa incurre por la implementación del plan de mantenimiento propuesto, estos costos representan aquellos rubros necesarios para llevar a cabo las tareas de lubricación, limpieza y ajustes, tales como: material de apoyo, repuestos, suministros, etc. Para ello fue necesario realizar el presupuesto de estos rubros.

Como resultado se obtuvieron los siguientes cuadros de las tablas XXVIII y XXIX respectivamente, en el que se muestran los costos necesarios para el desarrollo del plan propuesto de mantenimiento preventivo de la empresa Vado Hondo.

Tabla XXVIII. Costo anual contemplado para reproducción de documentación técnica de supervisión y control de mantenimiento preventivo

Cantidad de reproducciones	Formato específico	Costo Unitario	Costo total parcial
400	Hojas de supervisión	Q.0.15	Q.60.00
400	Hojas de control	Q.0.15	Q.60.00
Total			Q.120.00

Tabla XXIX. Costo mensual contemplado de materiales e insumos necesarios para el mantenimiento preventivo

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Electrodo E7018	40 Lb.	Q.9	Q.360.00
Chumaceras tipo ½ luna	5 u	Q.170	Q.580.00
Chumaceras tipo corredizas	5 u	Q.195	Q.975.00
Fajas para motores B-75	5 u	Q.38	Q.190.00
Fajas para motores C-210	4 u	Q.270	Q.1,080.00
Fajas para motores D-120	4 u	Q.325	Q.1,300.00
Faja para transportadores	25 pies	Q.98	Q.2,450.00
Aceite hidráulico	10 gal.	Q.368	Q.3,680.00
Aceite grado 90	10 gal.	Q.275	Q.2,750.00
Lañas para bandas transportadoras	3 cajas	Q.285	Q.855.00
Total			Q.14,220.00

Tipo de cambio: US\$1.00 / Q7.41

El ingreso mensual por venta de material triturado regularmente es de Q240,000.00; reduciendo los paros de producción en un 70% aproximadamente, se estima un ingreso mensual por ventas de material de Q290,000.00.

Existen entre 8 y 10 paros de producción por mes, al reducir los paros en 70%, se estaría aumentando la producción y los ingresos de la empresa. En la tabla XXXIX del apéndice se muestra la evaluación del plan de mantenimiento preventivo propuesto a través de la relación beneficio costo.

El método de relación beneficio costo, es muy utilizado en los negocios y en la industria para determinar si los beneficios esperados constituyen un retorno aceptable sobre los costos. En una relación beneficio costo (B/C) mayor o igual que 1.0, indica que el proyecto evaluado es económicamente ventajoso.

Utilizando este método B/C, se determinó que el plan de mantenimiento preventivo propuesto para la empresa Vado Hondo se justifica, debido a que el resultado de la relación beneficio costo es mayor que 1.0; en la tabla XXXIX del apéndice se pueden observar los beneficios y los costos de Vado Hondo y el resultado obtenido de la relación B/C.

CONCLUSIONES

1. Anteriormente en Vado Hondo, no se contaba con información técnica de la maquinaria y equipo de trituración, lo que dificultaba la disponibilidad de los datos necesarios para reemplazar algún componente o equipo. Con la realización de un inventario técnico de maquinaria y equipo se podrá tener disponible las características de fabricación de la maquinaria, para solicitar una pieza o equipo que necesite ser reemplazado.
2. Las fallas o averías en la maquinaria de trituración, no han sido registradas desde inicio de operaciones de la planta, impidiendo la pronta aplicación de las acciones preventivas pertinentes, por desconocer las fallas mas frecuentes. Con el registro de averías de maquinaria y equipo de trituración, se podrá determinar las fallas más frecuentes, y posteriormente, ejecutar las actividades preventivas respectivas.
3. Existen frecuentes fallas en el equipo de trituración, impidiendo el flujo del proceso y provocando demoras en la entrega del producto. Con las rutinas de lubricación, limpieza y ajustes en la maquinaria, se espera reducir los paros de producción, permitiendo cumplir con la producción programada y reducir los costos de reparación.
4. La planificación de los trabajos de mantenimiento preventivo tales como: lubricación, limpieza y ajustes de la maquinaria y equipo de trituración, se realizó de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, con la aprobación del gerente general y del gerente de producción; logrando la

correcta aplicación de las actividades de mantenimiento a través del cumplimiento de un cronograma debidamente programado. Con lo que se espera obtener como resultados: la reducción de paros de producción, reducción de costos de reparación de equipo y la prolongación de la vida útil de la maquinaria.

5. Con un registro de reparación y mantenimiento de equipo, podrá disponerse de la información necesaria para facilitar la detección de las causas de las fallas más frecuentes y darles una pronta solución.
6. El diseño de un stock de repuestos garantizará la continuidad operativa de la planta de trituración, permitiendo la disponibilidad de piezas necesarias para brindar soporte a las actividades de mantenimiento y para reemplazar piezas que lo requieran en caso de presentarse una falla inesperada.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que el gerente de producción fomente la limpieza en las áreas de trabajo; las herramientas olvidadas cerca de la maquinaria de trituración, podrían causar daños en el equipo o provocar accidentes lamentables.
2. Para lograr que el plan de mantenimiento preventivo propuesto, sea eficiente y eficaz, es importante que el gerente general y el gerente de producción tomen en cuenta la seguridad del personal operativo, para evitar accidentes o enfermedades durante la aplicación de las actividades de mantenimiento.
3. Para realizar el programa de mantenimiento preventivo, es aconsejable que el gerente de producción supervise y controle detalladamente las actividades de mantenimiento para su correcta aplicación, y evitar pérdidas significativas para la empresa.
4. Es necesario que el gerente de producción consulte el manual del fabricante para aplicar debidamente las actividades de mantenimiento preventivo en el equipo de trituración. El manual del fabricante contiene los procedimientos correctos de operación y reparación del equipo.
5. Para saber cuales son las actividades de mantenimiento preventivo que se realizarán en el equipo de trituración, el gerente de producción deberá

consultar la tabla V, la cual describe los componentes que requieren lubricación, limpieza y ajustes.

6. Las actividades de mantenimiento preventivo del plan propuesto deben realizarse frecuentemente, por lo que será necesario que el gerente de producción haga uso de la tabla VI, donde se muestra la planificación anual de las tareas de mantenimiento.
7. Cuando se requiera solicitar una pieza de un equipo para ser reemplazada, el gerente de producción puede consultar el inventario técnico de la tabla XI, para ver detalladamente las características principales de la pieza a reemplazar y de la máquina a la que pertenece.
8. Para reducir los tiempos prolongados de paros de producción causados por la falla inesperada de un equipo o para reemplazar un componente que lo necesite, el gerente debe mantener en existencia los repuestos necesarios para no perder tiempo comprando y esperando la pieza a cambiar. Para ello, el gerente puede hacer uso de la tabla XIX, en la tabla se muestran los artículos que con mayor frecuencia son necesarios reemplazar.
9. Es necesario tener un registro de las reparaciones y las tareas de mantenimiento realizadas en la maquinaria y equipo, por lo cual, es recomendable que el gerente de producción haga uso del formato de la ficha propuesta en la tabla XX.
10. Para supervisar las tareas de lubricación, limpieza y ajustes en el equipo de trituración, el gerente de producción puede utilizar la ficha de supervisión propuesta en la tabla XXI.

11. Es necesario que el gerente de producción promueva los conceptos básicos de la higiene en el trabajo, para evitar todo tipo de enfermedades ocupacionales que deterioran la salud de los trabajadores, como por ejemplo: la sordera causada por el ruido de la maquinaria, daños pulmonares por absorber polvo en el área de trabajo y daños en la piel u ojos por radiaciones intensas por soldar sin protección. Para evitar estas enfermedades, los trabajadores deben usar tapones auditivos, mascarillas, caretas y guantes de cuero para soldar.

12. Debido a los altos riesgos de trabajo a los que están expuestos los trabajadores de Vado Hondo, es necesario que el gerente de producción promueva y haga cumplir durante la ejecución de las actividades de mantenimiento, el uso de cascos de seguridad, guantes, tapones auditivos, mascarillas, líneas de vida y botas de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Duffuaa Raouf, Dixon. **Sistemas de mantenimiento: planeación y control.** México: Editorial Limusa Wiley, 2006.
2. Forsyth, Patrick. **Formación y promoción del personal.** España: Editorial Gedisa, 2001. 157 p.
3. Hamrock, Bernard J. y otros. **Elementos de máquinas.** 1ª ed. México: Editorial Mc Graw-Hill, 2000.
4. Hansen, Don R. **Administración de costos: contabilidad y control.** 3ª ed. México: Editorial Thomson Learning, 2003. 952 p.
5. Hellriegel, Don y otros. **Administración un enfoque basado en competencias.** 9ª ed. México: Editorial Thompson, 2002.
6. Koontz, Harold y Weihrich, Heinz. **Administración: una perspectiva global.** 12ª ed. México: Editorial Mc Graw-Hill, 2004. pp. 406-430
7. Levy, Sydney M. **Administración de proyectos de construcción.** 2ª ed. México: Editorial Mc Graw-Hill, 2000. 409 p.
8. Martí de Adalid, María Teresa. **Contabilidad de costos.** 5ª ed. México: Editorial Limusa, 2007. 316 p.

9. Olleros Izard, Manuel. **El proceso de captación y selección de personal**. 2ª ed. Barcelona: 2001. 204 p.
10. Peña Cruz, Hugo Rolando. **Administración financiera I**. 2ª. ed. Guatemala: Inversiones educativas, 2001. 226 p.
11. Shaw, Edward T. y otros. **Manual de mantenimiento industrial**. (Tomo II) Tr. Wyder Carl y otros. México: Editorial CECSA, 1998. 1520 p.
12. <http://www.canadianpuregas.com/maintS.htm> (01-06-2007)
13. <http://www.infomipyme.com/Docs/SV/Offline/comoadministrar/proceso1.htm> (11-06-2007)
14. <http://www.joseacontreras.net/rechum/apuntes2.htm> (07-07-2007)
15. <http://www.shrm.org> (06-08-2007)

APÉNDICE

Tabla XXX. Ejemplo de asignación de actividades de mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	BOLETA DE ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	No.: <u>0001</u>	
Equipo: _____ Trituradora primaria _____ Fecha: _____ 3/9/2008 _____			
Mecánico: _____ Oto Escobar _____			
Lubricación: <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza: <input type="checkbox"/> Ajustes: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>			
#	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	HORA INICIO	HORA FINAL
1	Lubricar cojinetes del Pitman	7:00	7:10
2	Lubricar Toggle plate (barra loca)	7:13	7:14
3	Lubricar resortes de soporte de tolva vibrátil	7:17	7:20
4	Nivelación de aceite del depósito de alimentador vibrátil	7:22	7:24
Encargado: Jefe de producción			

Tabla XXXI. Ejemplo de registro de reparación y mantenimiento de equipo

ORDEN	FECHA	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	ACCIÓN CORRECTIVA/ PREVENTIVA	HORAS USADAS	COSTO
0001	3/9/2008	Mantenimiento preventivo	Trituradora primaria	Lubricación	0.4	--
0002	4/9/2008	Falla de cojinetes de motor	Zaranda secundaria	Sustitución de cojinetes	4	Q570.00

172

(f): _____
Gerente de producción

(f): _____
Vo. Bo. Gerente general

Tabla XXXII. Ejemplo de supervisión del mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		HOJA DE SUPERVISIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			Nº: 0001
Equipo: Trituradora primaria				Fecha: 3/9/2008	
Mecánico: Oto Escobar			Supervisor: Jefe de producción		
Pieza	Lubricación	Limpieza	Ajustes	O.K.	Observaciones
Cojinetes pitman	Grasa grado 3			√	
Toggle plate	Aceite SAE 90			√	Existe desgaste en la pieza
Resortes de soporte	Aceite SAE 90			√	
Depósito de aceite de alimentador	Aceite SAE 90			√	Le faltaba poco aceite para estar al nivel correcto
Responsable: Jefe de producción				Firma:	
Vo.Bo.: Gerente general				Firma:	

Tabla XXXIII. Ejemplo de control semanal de actividades de mantenimiento

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”		CONTROL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
Nombre del mecánico: Oto Escobar		Fecha: 3/09/2008	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Lubricación de cojinetes del pitman, toggle plate, resortes de soporte y nivelación de aceite en depósito de alimentador vibrátil.			
Capacidad: Satisface <input checked="" type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>	Habilidad: Satisface <input checked="" type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>	Responsabilidad: Satisface <input checked="" type="checkbox"/> No satisface <input type="checkbox"/>	
Observaciones: Las actividades se realizaron satisfactoriamente			
Encargado: Jefe de producción		Firma:	

Tabla XXXIV. Ejemplo de actualización de datos

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"	REPORTE DE ACTUALIZACIÓN DE DATOS	Fecha: 3/9/2008
		No. 0001
Equipo: Motor eléctrico		No. Serie:
Ubicación: Banda transportadora de retorno 2		Modelo:
Proveedor: SIEMENS	Fabricante: SIEMENS	
Fecha de compra: 12/08/2008		
Datos técnicos: <ul style="list-style-type: none"> • 60 Hz • 1730 RPM • 5 Hp • 220/440 v • 13.6/6.8 A 		
Encargado:		

Tabla XXXV. Ejemplo de definición del puesto

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA “VADO HONDO”	DEFINICIÓN DEL PUESTO	ÁREA DE TRITURACION
<u>DATOS DE IDENTIFICACIÓN</u>		
Denominación del puesto:	Operador de maquinaria y equipo de trituración	
Le reporta a:	Jefe de producción	
<u>DESCRIPCIÓN</u> Encargado de operar la maquinaria de trituración y dirigir al personal auxiliar del puesto.		
<u>PROPÓSITO PRINCIPAL</u> Responsable de mantener en constante funcionamiento la maquinaria de trituración, realizar acciones de reparación y responsable de dirigir al personal auxiliar asignado.		
<u>CRITERIOS DE DESEMPEÑO</u>		
CRITERIO	DEFINICIÓN	
Cooperación	Es la ayuda que se brinda a otras personas, compañeros de trabajo, jefe, etc.	
Relaciones interpersonales	Relación adecuada y respetuosa entre compañeros de trabajo	
Trabajo en equipo	Capacidad para integrarse y trabajar en un objetivo común con un número determinado de personas	
Iniciativa	Actitud que toma el empleado para buscar formas de solucionar problemas o mejorar procedimientos	
Puntualidad	Es cumplir con el horario de trabajo, con el fin lograr los objetivos que diariamente deben lograrse	
Responsabilidad	Es la obligación que asume todo trabajador para cumplir con las funciones que le han sido delegadas	
Disciplina y obediencia	Es acatar las instrucciones recibidas de sus superiores y cumplir las funciones del puesto	
Cuidado y buen uso de equipo	Es velar por el cuidado y buen uso del equipo que se utilice en el desarrollo del trabajo	

REVISIÓN

Por conformidad del empleado con la definición del puesto, se firma el presente documento a los 16 días del mes de noviembre de 2007.

(f). JEFE INMEDIATO	(f). EMPLEADO

Tabla XXXVI. Ejemplo de evaluación del desempeño

<u>DATOS GENERALES</u>		
NOMBRE: Oto Escobar	No. EMPLEADO:	
PUESTO: Operador de maquinaria y equipo de trituración	FECHA: 16/11/2007	
PERÍODO DE EVALUACIÓN: DEL 1/11/06	AL	31/10/07
 <u>EVALUACIÓN</u>		
<p>1-2 Implica que el desarrollo de su trabajo es deficiente.</p> <p>3-4 Implica que no hay quejas de su trabajo pero tampoco sobresale.</p> <p>5-6 Implica que el desempeño de su trabajo es satisfactorio.</p> <p>7-8 Implica que el desarrollo de su trabajo se encuentra en un nivel aceptable y cumple los requerimientos del puesto.</p> <p>9-10 Implica que la ejecución del trabajo se cumplió de acuerdo a lo programado y sobresale con los requerimientos del puesto.</p>		
ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL PUESTO		PUNTEO
Operar correctamente la maquinaria de trituración		7
Realizar las reparaciones requeridas al momento de un problema en el equipo		6
Dirigir correctamente al personal auxiliar asignado		6
Promedio 1		6.3
 <u>EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS PERSONALES</u>		
DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN		
CRITERIO	DEFINICIÓN	PUNTEO
Cooperación	Es la ayuda que se brinda a otras personas, compañeros de trabajo, jefe, etc.	8
Relaciones interpersonales	Relación adecuada y respetuosa entre compañeros de trabajo	7
Trabajo en equipo	Capacidad para integrarse y trabajar en un objetivo común con un número determinado de personas	9
Iniciativa	Actitud que toma el empleado para buscar formas de solucionar problemas o mejorar procedimientos	8
Puntualidad	Es cumplir con el horario de trabajo, con el fin lograr los objetivos que diariamente deben lograrse	7
Responsabilidad	Es la obligación que asume todo trabajador para cumplir con las funciones que le han sido delegadas	7
Disciplina y obediencia	Es acatar las instrucciones recibidas de sus superiores y cumplir las funciones del puesto	8
Cuidado y buen uso de equipo	Es velar por el cuidado y buen uso del equipo que se utilice en el desarrollo del trabajo	6
Promedio 2		7.5

MEDIDAS DE MEJORAMIENTO

NECESITA MEJORAR	PLAN DE ACCIÓN A SEGUIR	REQUERIMIENTOS
El cuidado y buen uso de equipo.	Capacitación acerca de la importancia del buen uso del equipo disponible.	Proyector para presentación en power point acerca del cuidado y buen uso de equipo.

COMENTARIOS

El resultado de la evaluación fue de 6.9 puntos ((6.3+7.5)/2), lo que representa un desempeño satisfactorio por parte del trabajador evaluado.

REVISIÓN

Por conformidad del empleado con el resultado de la evaluación, se firma el presente documento a los 16 días del mes de diciembre de 2007.

(f). JEFE INMEDIATO	(f). EMPLEADO

Tabla XXXVII. Ejemplo de informe de resultado de evaluación del desempeño

CONSTRUCTORA Y TRITURADORA "VADO HONDO"	INFORME DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO		ÁREA DE TRITURACIÓN	
NOMBRE: Oto Escobar	No. EMPLEADO:			
PUESTO: Operador de maquinaria y equipo de trituration	FECHA DE EVALUACIÓN:			
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN:	El desempeño del evaluado es satisfactorio, siendo el resultado obtenido de 6.9 puntos.			
NECESITA MEJORAR:	El cuidado y buen uso de equipo.			
PLAN DE ACCIÓN:	Capacitación acerca de la importancia del buen uso del equipo disponible.			
REQUERIMIENTOS:	Proyector para presentación en power point acerca del cuidado y buen uso de equipo.			
JEFE INMEDIATO:				
	Firma:			

TABLA XXXVIII. Lista propuesta de proveedores de repuestos

PROVEEDOR	ARTÍCULOS / SERVICIOS
<p>TECUN 3ª. Calle 3-60 Zona 9, Guatemala, C.A. PBX: 2328-8888</p>	<p>Repuestos, electrodos, motores eléctricos.</p>
<p>GRIJALVA MULTISERVICIOS 6ª. Calle "C" 16-16 Z.21 Col. Venezuela Tel: 2448-8925</p>	<p>Reparación de maquinaria y equipo, Mantenimiento industrial, tornos.</p>
<p>TELECTRO 2 Calle 1-100 Zona 1, Don Justo Fraijanes</p>	<p>Reparación y mantenimiento de motores y maquinarias.</p>
<p>PROSAIN, S.A. 35 Calle 0-49 Zona 8, Av. Bolívar Tels: 2429-0707/ 2471-0606</p>	<p>Motores eléctricos, cribas, cojinetes, bandas transportadoras, fajas, chumaceras.</p>
<p>ABINSA Calz. Aguilar Batres 11-37, Z-12 PBX: 2440-2148/ 2473-6352</p>	<p>Cojinetes, chumaceras, fajas industriales.</p>
<p>PRODUCTOS DEL AIRE Km. 125.8 Carret. Al Atlántico, Santa Cruz, Río Hondo, Zacapa. Tels: 7941-8602/ 7934-9939</p>	<p>Equipos y Accesorios en Seguridad Industrial y asesoría en soldadura.</p>
<p>PROCOIN Av. Petapa 47-36 Zona 12 Tels: 2485-0580/ 2479-4714</p>	<p>Equipo y Accesorios en Seguridad Industrial y soldadura.</p>
<p>CANELLA, S.A. 7ª. Av. 8-65 Zona 4, Guatemala PBX: 2338-5900 EXT. 512</p>	<p>Aceites y lubricantes.</p>

TABLA XXXIX. Evaluación del plan de mantenimiento preventivo propuesto a través de la relación beneficio costo.

BENEFICIOS Y COSTOS MENSUALES DE VADO HONDO	BENEFICIO	COSTO
Ingreso mensual esperado por venta de material	Q290,000.00	
Stock de repuestos propuesto para máquina trituradora		Q14,220.00
Sueldo de gerente de producción= Q9,000.00		Q9,000.00
Sueldo de jefe de venta y despacho=Q4,000.00		Q4,000.00
Sueldo de auxiliar de venta y despacho= Q2,500.00		Q2,500.00
Sueldo de jefe de logística= Q4,000.00		Q4,000.00
Sueldo de mecánico=Q3,500.00		Q3,500.00
Sueldo de ayudante (4 ayudantes)= Q2,500.00		Q10,000.00
Sueldo de pilotos (5) = Q2,500.00		Q12,500.00
Sueldo de operadores de excavadoras (2) = Q2,500.00		Q5,000.00
		<u>Q50,500.00</u>
Repuestos y suministros para equipo de transporte		Q85,000.00
Energía eléctrica		Q6,000.00
Agua potable		Q1,000.00
Imprevistos		Q3,000.00
TOTAL	Q290,000.00	Q159,720.00

Fuente: Elaboración a partir de datos generados por el jefe del departamento de venta y despacho.

Los costos mensuales en los que la empresa Vado Hondo incurre incluyendo el costo que representa el plan de mantenimiento preventivo propuesto, suman un total de Q159,720.00, y los ingresos esperados por venta de material se estiman en Q290,000.00; realizando la relación B/C se obtiene:

$$B/C = 290000 / 159720 = 1.81 > 1$$

El proyecto del plan de mantenimiento preventivo propuesto, se justifica, ya que $B/C > 1$, representando utilidades de Q130,280.00 mensuales (Q290,000.00-Q159,720.00).