

DISEÑO DE ESTRATEGIAS TPM EN LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO
MINAS ACERIAS PAZ DEL RÍO

CAMILO ARDILA BOTTIA
NELSON JAVIER VEGA SARMIENTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

DISEÑO DE ESTRATEGIAS TPM EN LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO
MINAS ACERIAS PAZ DEL RÍO

CAMILO ARDILA BOTTIA
NELSON JAVIER VEGA SARMIENTO

Monografía de grado para optar el título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento

Director
JAIME ALBERTO RIAÑO
Ingeniero Civil
Especialista en Gerencia de Proyectos

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresa agradecimientos a:

A la empresa Acerías Paz del Río S.A. y en especial al Ingeniero Wilson Sánchez Director de la División Mantenimiento Minas por toda su colaboración con este trabajo de grado.

Al Ingeniero Jaime Riaño por el tiempo dedicado a la supervisión de este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia por todo el apoyo que siempre me ha brindado, a mi hijo Jerónimo quien es mi motivación para ser cada día mejor.

CAMILO ARDILA BOTTIA

A Dios el sustento de la vida, quien nos la ha dado y en abundancia, a mis padres pilares de mi formación y a mi querida esposa y mi bello Samuel las razones para seguir viviendo

NELSON JAVIER VEGA

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	13
1. ACERIAS PAZ DEL RÍO VOTORANTIM	15
1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL MINERAL DEL HIERRO	18
1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	20
1.2.1 Estructura de Mantenimiento	21
1.3 DIAGNÓSTICO DEL MODELO DE MANTENIMIENTO ACTUAL	22
1.3.1 Planteamiento del problema	23
1.3.2 Justificación del proyecto	24
1.3.3 Objetivos principales	24
1.3.4 Objetivos específicos	24
2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	25
2.1 EVOLUCIÓN DE MANTENIMIENTO EN JAPÓN	26
2.2 METAS DEL TPM	30
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	31
2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	32
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	35
3.1 LISTA DE EQUIPOS	35
3.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE EQUIPOS	36
3.2.1 Equipos de minas	36
3.2.2 Equipos planta trituradora	39
3.3 METODOLOGÍA PARA OBTENER LA CRITICIDAD DE EQUIPOS	40
3.3.1 Cálculo de criticidad para los equipos de la división	42
3.4 IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS TPM	44
3.4.1 Manejo de aspecto humano al cambio	44
3.4.2 Modelo propuesto desarrollo TPM	44
3.5 MODELO DE IMPLEMENTACIÓN ORDEN Y ASEO	49
3.5.1 Visión	50
3.5.2 Objetivos	50
3.5.3 Beneficios	51
3.5.4 Pasos a ejecutar	51
3.5.5 Comité orden y aseo	52
3.5.6 Desarrollo del plan de ejecución	54
3.5.7 Resultados deseados	61
3.6 INDICADORES DE GESTIÓN	62
3.6.1 Tiempo medio entre fallas	63
3.6.2 Tiempo medio entre reparaciones	66
3.6.3 Disponibilidad	66

3.6.4	Costo mantenimiento por reposición equipo	68
3.7	NUEVA ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO	68
3.7.1	Departamento de confiabilidad	69
3.7.2	Departamento planeación y programación de mantenimiento	70
3.7.3	Departamento de proyectos	71
4.	CONCLUSIONES	72
	BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ubicación Geográfica	16
Figura 2. Vista General Planta Siderúrgica Acerías Paz del Río	17
Figura 3. Diagrama de Flujo Mina de Hierro	18
Figura 4. Entrada y salida de la mina “EL UVO”	19
Figura 5. Organigrama Vicepresidencia de Minas	21
Figura 6. Organigrama División Mantenimiento Minas	22
Figura 7. Jumbo Perforador Atlas Copco	36
Figura 8. Cargador Bajo Perfil	37
Figura 9. Cargador Frontal Carterpillar	38
Figura 10. Estación Descargue del Cable Aéreo	39
Figura 11. Bulldozer Caterpillar D-8	39
Figura 12. Modelo de Desarrollo Implementación TPM	47
Figura 13. Pilares TPM	49
Figura 14. Modelo Orden y Aseo	50
Figura 15. Técnicas a utilizar	53
Figura 16. Tarjeta Roja	55
Figura 17. Mapa 5S	56
Figura 18. Tableros de Control por Zona	59
Figura 19. Aspecto 5s	61
Figura 20. Consolidado General	62
Figura 21. Nuevo Organigrama de la División Mantenimiento Minas	69

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Granulometría del mineral durante el proceso	20
Tabla 2. Evolución mantenimiento en Japón	27
Tabla 3. Listado de equipos actuales en la división	35
Tabla 4. Cuadro para cálculo de criticidad	41
Tabla 5. Criticidad A, B ó C.	42
Tabla 6. Clasificación de criticidad para los equipos de la división	43
Tabla 7. Cronograma de trabajo	53
Tabla 8. Zonas de trabajo	57
Tabla 9. Registro cronograma orden y aseo	58
Tabla 10. Listado de chequeo	60
Tabla 11. TMEF	65
Tabla 12. TMER	67

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE ESTRATEGIAS TPM EN LA DIVISION DE MANTENIMIENTO MINAS ACERIAS PAZ DEL RIO.

AUTORES:

CAMILO ARDILA BOTTIA

NELSON JAVIER VEGA SARMIENTO

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento, Bajo Tierra, Superficie, Mantenimiento productivo total (TPM), Explotación Minera

Trituración Primaria. Trituración Secundaria

DESCRIPCION: Este trabajo se realizo con el fin de acercar los conocimientos adquiridos en el posgrado gerencia de mantenimiento de la universidad UIS a la industria y sobre todo a la industria nacional que ha ayudado al progreso de Boyacá y de gran parte del país como lo es Acerías Paz del Río. Para este caso en especial el propósito es utilizar la filosofía TPM para mejorar los procesos de mantenimiento en la vicepresidencia de la compañía.

El alcance del presente documento es especificar el proceso de implementación de las estrategias TPM en el proceso de mantenimiento de los equipos que intervienen en la explotación minera, detallando las siguientes etapas: Análisis de la actual estructura y gestión de mantenimiento haciendo énfasis en la organización y los procedimientos. Revisión de las estrategias TPM que se pueden implementar haciendo un estudio detallado de los pasos para efectuar su implementación.

Selección de las estrategias más adecuadas y diseño de la metodología para su futura implementación. Diseño de campañas, formatos y procedimientos para dicha implementación.

Diseño de un procedimiento claro para obtener la criticidad de los equipos y de esta forma poder saber que estrategias aplicar en cada caso evitando sobre costo y sobremantenimiento en equipos que no requieren de esto. Elección de indicadores de gestión que permitan hacer seguimiento a las labores desarrolladas. Diseño de una nueva estructura organizacional de mantenimiento capaz de garantizar la total y perfecta implementación de las estrategias planteadas.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento, Director Ing. Jaime Alberto Riaño

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF STRATEGIES TPM IN THE DIVISION OF MAINTENANCE ACERIAS PAZ DEL RIO COMPANY.

AUTORS:

CAMILO ARDILA BOTTIA

NELSON JAVIER VEGA SARMIENTO

KEY WORDS:

Maintenance, Surface, Underground, Total Productive Maintenance (TPM), Primary Crushing
Secondary Crushing

SUBJECT: This work realize in order the bring knowledge acquired in the studies management of maintenance of the university UIS to the industry and especially to the national industry that has helped to the progress of Department of Boyacá and of great part of the Colombia, as Acerias Paz del Rio company. For this case especially the intention is to use the philosophy TPM to improve maintenance processes in the company.

The scope of this paper is to specify the process of implementing TPM strategies in the process of maintenance of equipment involved in mining, detailing the following stages: Analysis of current maintenance and management structure with emphasis on the organization and procedures.

Reviewing TPM strategies that can be implemented by making a detailed study of the steps to make its implementation. Selection of appropriate strategies and design methodology for future implementation. Campaign design, formats and procedures for such implementation. Design of a clear procedure to obtain the criticality of the equipment and thus be able to know what strategies to apply in each case to avoid unnecessarily in equipments. Choice of indicators that allow management to track the work done.

Design of a new structure organizational maintenance capable of ensuring the full and perfect implementation of the strategies discussed.

* Monograph

** Faculty of Mechanical Engineering-Physical. Expertise in management of maintenance, Director: Eng. Jaime Alberto Riaño

INTRODUCCIÓN

La competencia y la globalización de la economía están siendo aspectos fundamentales de una dinámica que está llevando a las empresas hacia el Cambio, la construcción de las empresas de clase mundial, comprometidas con las tareas de satisfacer a sus clientes y niveles de rentabilidad excelentes. Para alcanzar estos retos las empresas desarrollan planes que ayudan a disminuir costos operaciones, pudiendo afectar sus activos físicos. En este punto las empresas se encuentran en problemas, puesto que no saben cómo optimizar los recursos sin sacrificar la calidad del servicio que se brinde a los clientes.

La industria del acero en particular ha venido mostrando alta variabilidad en la oferta y demanda contribuyendo notablemente en la afectación de los ingresos operacionales y análisis financieros de las siderúrgicas y acerías en el mundo. Sin lugar a dudas el alto nivel de industrialización y auge de la nueva gran potencia China ha dinamizado y oprimido a su vez la industria.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar estrategias de mantenimiento Productivo Total (TPM) en las operaciones bajo tierra de la División Mantenimiento Minas de la acería integrada Votorantim la cuál realiza extracción de mineral de hierro en la zona rural del municipio de Paz de Río (Boyacá) y que requiere optimizar el mantenimiento para obtener la confiabilidad de sus equipos y entregar indicadores de gestión confiables a la gerencia, con el firme propósito de lograr su implementación en el resto de las divisiones de la empresa.

Se trabaja en TPM ya que es una estrategia de gestión de mantenimiento dirigida a eliminar las fallas mediante acciones sistemáticas y sencillas partiendo de la educación y del cambio de cultura organizacional, siendo demasiado conveniente aplicar en empresas que han tenido en su historia antecedentes de conflicto laboral y sindical fuerte.

TPM define métodos, formas y enfoca a resultados medibles y alcanzables que garantizan la eliminación de fallas, mejor aprovechamiento de la mano de obra y ambiente laboral sano y agradable, pilares necesarios para la transformación cultural.

Para este proyecto se toma como referencia la División minas y la trituración de hierro como nicho piloto en el camino de la implementación total de la estrategia TPM en el resto de la compañía, generando valor a los equipos de trituración y transporte de materia prima, eje fundamental en la cadena de producción del acero.

Con la implementación de este modelo de gestión de mantenimiento se busca crear en la compañía un espíritu participativo, técnico y sistémico de la visión general de los equipos y la planta productiva, adoptando las mejores prácticas e integrando a los operadores y mantenedores en un solo equipo y bajo una misma meta efectividad de producción pero con gestión de activos desde la operación.

Este proyecto está estructurado de la siguiente manera: el primer capítulo muestra una reseña histórica de la compañía, ubicación geográfica y estructura actual del modelo de mantenimiento; en el segundo capítulo se presenta todo el marco conceptual del mantenimiento productivo total, sus orígenes y evolución a convertirse en modelo exitoso de gestión; en el capítulo 3 se inicia en firme con el desarrollo de la propuesta elaborando listado y descripción de equipos, cálculo de criticidad, manejo del aspecto humano al cambio, modelo de orden y aseo, definición de indicadores de gestión y propuesta de nueva estructura de mantenimiento; mostrando las conclusiones del trabajo finalmente en el capítulo 4.

1. ACERIAS PAZ DEL RIO VOTORANTIM

Acerías Paz del Río S.A., es una compañía siderúrgica con 60 años de experiencia en la explotación y transformación de los minerales de hierro, caliza y carbón para la elaboración de productos de acero planos y no planos, y los derivados del procesamiento siderúrgico, los cuales se comercializan y utilizan en la industria, la construcción, el sector metalmecánico y agrícola.

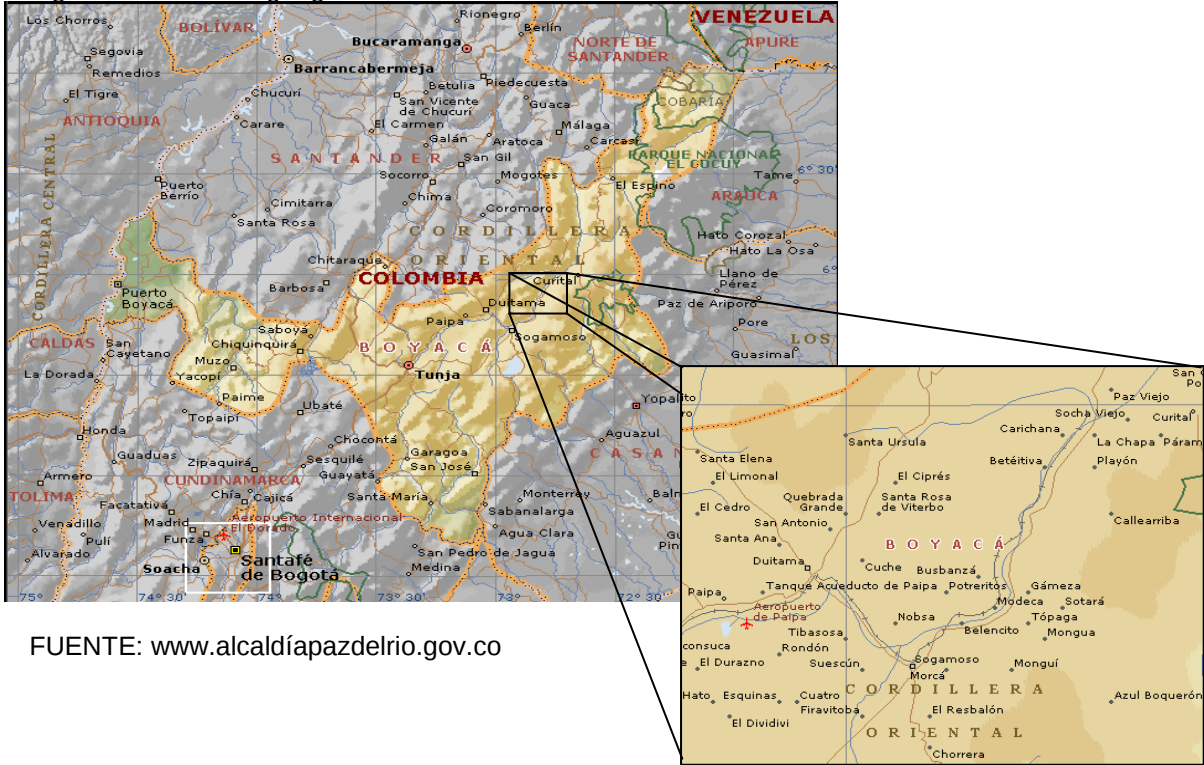
Es la única siderúrgica integrada del país, dado que el proceso puede empezar desde la extracción de minerales o desde la recuperación metálica. En la Planta Industrial, ubicada en Belencito Boyacá, fabrica más del 30% de la producción nacional de acero, bajo estándares Certificados de Gestión de la Calidad ICONTEC. Cuenta con más de 2.500 trabajadores en los diferentes frentes de operación ubicados en Belencito, Samacá, Paz de Río y Bogotá.

Desde marzo de 2007 pertenece al Grupo Votorantim de Brasil, uno de los mayores conglomerados industriales privado de América Latina, con 60 mil colaboradores y operaciones en los mercados de minerales y metalurgia, cemento y concreto, celulosa y papel, jugo de naranja, entre otros. Actualmente tiene operaciones en 14 países y exportaciones para más de 200.

Acerías Paz del Río S.A. es la compañía boyacense que más empleo genera en la región, sus políticas buscan hacerla una empresa clase mundial para lo cual está implementando toda una serie de estrategias en todas las dependencias que le permitan tener a mediano plazo una estructura sólida capaz de adaptarse a al ambiente cambiante de la economía mundial.

La Misión de Acerías Paz del Río S.A es explorar, explotar y transformar los minerales de hierro, caliza y carbón en productos de acero y los derivados del proceso siderúrgico para su comercialización y uso a nivel industrial, metalmecánico, construcción y agrícola.

Figura 1. Ubicación geográfica.



La visión Acerías Paz del Río, S.A será una empresa estable y rentable, que genera valor a sus clientes, trabajadores, accionistas y a la comunidad, siendo competitiva con respecto al mercado abierto del acero a nivel nacional e internacional, como la única siderúrgica integrada de Colombia, produciendo nuevos y mejores productos. Será una Organización renovada tecnológicamente en los principales procesos productivos, que aplica una gestión integral enfocada en la prevención de riesgos en calidad, medio ambiente, salud y seguridad y en la mejora continua de su desempeño.

La extracción de minerales se realiza en las minas propiedad de la compañía donde se extrae mineral de hierro y caliza, el carbón se extrae de minas de terceros que tienen convenios con la compañía. La mayor concentración de equipos se encuentra en la extracción subterránea de mineral de hierro en la mina “El Uvo” y en su planta de beneficio ubicados en el municipio de Paz de Río Departamento de Boyacá. Una vez el mineral es beneficiado es enviado al patio de almacenamiento y cargue a trenes para su transporte hasta la siderúrgica ubicada en el barrio Belencito del municipio de Nobsa. El mineral de hierro junto con la caliza y el coque proveniente del carbón ingresan al alto horno para dar inicio al proceso siderúrgico que luego pasa por la acería y laminación para así convertirse en hierro de alta calidad en sus diferentes presentaciones que

atenderán el mercado y estarán presentes en todas las grandes obras de la industria nacional.

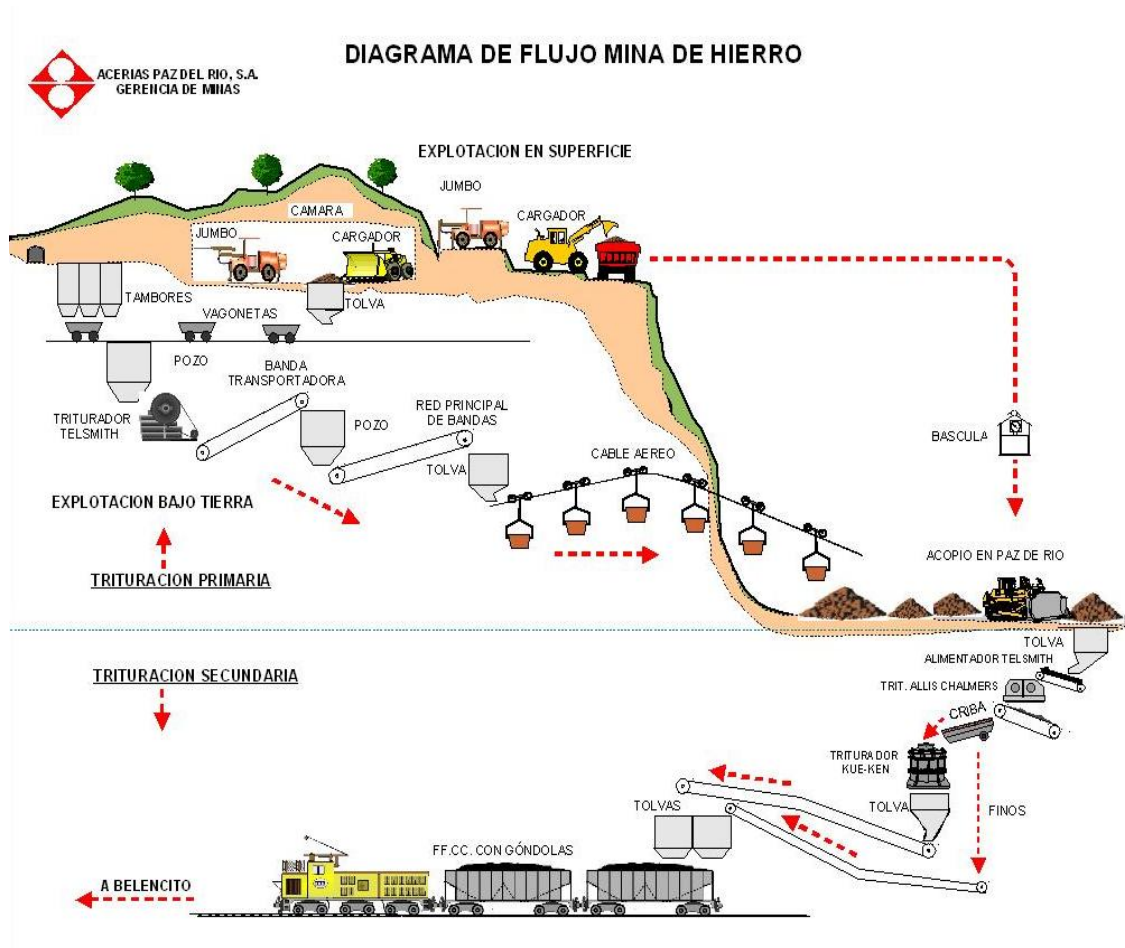
Figura 2. Vista general de planta siderúrgica.



FUENTE: Autores del proyecto

1.1 PROCESO PRODUCTIVO DEL MINERAL DE HIERRO

Figura 3. Diagrama de flujo mina de hierro



FUENTE: Informe producción 2009. Acerías Paz del Río

El mineral de Hierro se extrae de la mina "El Uvo" 1200 toneladas diarias se explotan en los 7 niveles de profundidad y los 5 kilómetros de vía carreteables que tiene en su interior. 180 trabajadores repartidos en dos turnos trabajan diariamente y se clasifican por especialidades como transporte, explotación mantenimiento, seguridad y beneficio.

La explotación se realiza mediante utilización de explosivos que se insertan en los mantos de la mina con la ayuda jumbos perforadores que abren sendos huecos en los mantos donde los mineros ubican los explosivos, luego se realiza la explosión controlada y después se asegura el techo con pernos y platinas que se insertan con jumbos pernoadores, una vez el techo está seguro ingresan cargadores de

perfil bajo sobre llantas llamados Tam Rocks que retiran el material desprendido durante la explosión y lo llevan a diferentes tolvas ubicadas a lo largo de la mina y que tienen trituradoras de mandíbula que realizan la trituración primaria del mineral. El mineral triturado es enviado a las dos tolvas principales por bandas transportadoras de 800 mm de ancho. Una vez el mineral se encuentra en las tolvas principales este es llevado por cable aéreo a la planta de beneficio donde se realiza la trituración secundaria y su clasificación según su granulometría.

Figura 4. Entrada y Salida de la mina “El Uvo”.



FUENTE: Autores del Proyecto

El mineral es muestreado en la entrada y a la salida de la planta de beneficio en cada uno de sus tamaños para conocer su calidad en términos de cantidad de sílice donde la menor presencia de esta en el mineral significa mayor pureza, también se mide su estabilidad y humedad.

Tabla. 1 Granulometría del mineral durante el proceso.

TAMAÑO	ETAPA DEL PROCESO
>1000 mm	Entrada trituración primaria
<200 mm	Entrada trituración secundaria triturador mandíbulas
<100 mm	Entrada molino Kue-Ken
50 mm-10mm	Tolvas para alto horno
<10 mm	Tolvas para sinterización

FUENTE: Autores del Proyecto

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La Vicepresidencia de Minas cuenta con una estructura organizacional robusta en el área de producción pero no tan fuerte en el área de servicios donde incluimos mantenimiento, la vicepresidencia cuenta con cuatro divisiones entre las que se encuentran la división de seguridad minera, división proyectos mineros, división operación minera, división mantenimiento minas, estas a su vez tienen diferentes departamentos para el alcance de este trabajo mencionaremos los departamentos pertenecientes a las divisiones de operación minera y de mantenimiento minas.

La división operación minera cuenta con los departamentos de minas hierro bajo tierra y operación plantas quienes se encargan de la operación de la mina de hierro “El Uvo” y de la planta de beneficio, estos departamentos cuentan con secciones de producción y mantenimiento para cada caso.

La división mantenimiento minas cuenta con los departamentos de planeación y proyectos de mantenimiento que en este caso se encargaría de la implementación de nuevas estrategias, la ejecución está a cargo de las secciones de mantenimiento de la operación minera pero la estricta supervisión del departamento de planeación de mantenimiento.

La división de seguridad se encarga de todas las actividades que promuevan la seguridad minera, la capacitación del personal y la elaboración de modos operativos. La división de proyectos de realizar en todas sus etapas los proyectos mineros evaluando la viabilidad de estos y haciendo el respectivo seguimiento.

Figura 5. Organigrama Vicepresidencia de Minas



FUENTE: Autores del proyecto

1.2.1 Estructura organizacional de mantenimiento. La división mantenimiento minas es la encargada de toda la gestión de mantenimiento en la vicepresidencia de minas. La división cuenta con dos departamentos que tienen las siguientes funciones:

- **Departamento planeación mantenimiento:** Se encarga de planear las actividades de mantenimiento en los departamentos de minas hierro bajo tierra y de operación plantas, esta planeación es entregada a los ejecutores que son las secciones de mantenimiento de cada uno de los departamentos mencionados y además se encarga de hacer el seguimiento de estas labores, de solicitar los reportes y de hacer los informes e indicadores de gestión de las actividades de mantenimiento, para ello cuentan con la colaboración de los almacenes para cuantificar los repuestos así como de la parte administrativa de cada departamento para cuantificar las horas hombre.
- **Departamento proyectos de mantenimiento:** Se encarga de evaluar diseñar, seleccionar nuevos montajes y/o equipos que sean necesarios para cumplir las metas de producción y el planeamiento minero, adicionalmente se encarga de evaluar todas las estrategias e instrumentos que se necesiten para mejorar la función de mantenimiento.

Las secciones de ejecución de mantenimiento aunque dependen de los departamentos de operación y minas por un tema de costeo reportan directamente al departamento de planeación de mantenimiento todas sus actividades.

Figura 6. Organigrama División Mantenimiento Minas



FUENTE: Autores del Proyecto

1.3 DIAGNOSTICO DEL MODELO DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El modelo actual de mantenimiento es deficiente pues su estructura no se adapta a las nuevas estrategias de mantenimiento que son utilizadas por las organizaciones clase mundial, está enfocado solo a cubrir mantenimientos del tipo correctivo y preventivo, no tiene indicadores de gestión que le permitan medir su administración. Tiene una buena cantidad de información técnica como manuales de partes y mantenimiento, modos operativos de las principales labores de mantenimiento, manejan diferentes formatos para registrar las labores de mantenimiento pero no hay formatos institucionalizados.

El costeo de mantenimiento no se realiza por equipo solo por la información que entrega el almacén de cada departamento con el valor de los insumos y los repuestos descargados, no se contabiliza los recursos de personal ya que no hay una comunicación entre el área de mantenimiento y personal.

Maneja una estructura de centro de costos por minas y plantas donde se cargan todos los costos directos y variables pero sin hacer una división de costos por equipo o labor.

La programación de mantenimiento se realiza con base a la programación de la operación minera pero sin que se haga un registro de estas reuniones si no por tareas pendientes, preguntando la disponibilidad de los equipos o de áreas de las minas y la planta para realizar los mantenimientos programados y de acuerdo a la respuesta de operación proceder, estas programaciones son fácilmente variadas por operación inclusive un día antes de realizar la labor.

La capacitación es un punto rescatable de la organización actual, a todos los niveles se hace capacitación permanente que como se puede ver es desaprovechada en la mayoría de los casos pues los temas y estrategias aprendidas no se implementan por falta de apoyo de las directivas a las ideas planteadas por los colaboradores capacitados.

1.3.1 Planteamiento del Problema: La división mantenimientos minas es la encargada de realizar todas las etapas del mantenimiento además de liderar los nuevos proyectos de las minas y plantas de beneficio primario de minerales usados en la siderúrgica Acerías Paz del Río, estas son las minas de mineral de hierro, minas de carbón, minas de caliza y las plantas de lavado de carbón y trituración de hierro. Dicha división tiene problemas en todos los niveles de la función mantenimiento como son falta de indicadores de gestión que permitan tener una referencia para establecer estrategias de mejoramiento, no tiene un organigrama adecuado ya que no cuenta con departamentos dedicados a una función específica sino que todos hacen todas las funciones sin profundizar en ninguna, en la parte operativa la falta de confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los equipos es el común denominador debido a la deficiente gestión de mantenimiento, la falta de herramientas informáticas como un software adecuado para la administración de la información, esto debido a la recesión económica que afectó a la compañía durante finales de los 90 y principios del nuevo milenio, lo que no permitió hacer inversiones en nuevas tecnologías y lo que fue más grave comprar la totalidad de repuestos necesarios para cumplir con los programas de mantenimiento. Con el auge de la industria en la China y el incremento en niveles exorbitantes de consumo de hierro a nivel mundial el valor de este material tuvo un repunte importante lo que llevó a A.C.P.D.R. a salir de la crisis y poder realizar algunas inversiones en los campos mencionados, a principios del año 2007 la empresa realizó una venta de acciones a la multinacional brasilera Votorantim Metais, quienes manejan altos estándares de gestión en todas sus actividades y la gestión mantenimiento no es la excepción, para lo cual realizaron una auditoría para establecer el nivel de gestión que tenía A.C.P.D.R. frente al nivel que maneja

Votorantim, dicha auditoria estableció que de una nota máxima de 5.0 puntos para una gestión de mantenimiento clase mundial el nivel actual de A.C.P.D.R era de 0.17 puntos; ante este resultado tan preocupante se hace necesario emprender todas las actividades que conlleven a elevar el índice de gestión de la función mantenimiento en todas las áreas de la compañía.

1.3.2 Justificación del Proyecto: La tendencia en la industria es migrar efectiva y eficazmente hacia modelos de gestión de mantenimiento que comúnmente se conoce como de clase mundial. Debido a la globalización de la economía y de la contribución que tiene la industria del acero en el PIB de la nación se hace necesario que los procesos internos de las organizaciones se alineen con estas premisas. APDR tiene como foco de acción para la siderúrgica desarrollar políticas modernas de mantenimiento, situación que hace muy favorable la elaboración de propuestas en este tema, teniendo en cuenta que A.C.P.D.R pertenece en su mayoría a la multinacional Brasileira Votorantim Metais y esta maneja un sistema de gestión para todas sus actividades y para la función mantenimiento basa su gestión en seis pilares fundamentales los cuales son TPM., R.C.M., confiabilidad, mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo, gestión de almacenes y repuestos. Teniendo en cuenta que la división mantenimiento minas no tiene una función de mantenimiento estructurada a la directriz de lo que maneja Votorantim, se hace urgente iniciar proyectos tendientes a estructurar los procedimientos necesarios que permitan implementar las actividades de mantenimiento basadas en los pilares descritos y así poder entrar en los estándares que maneja las nuevas directivas de la empresa y que son de carácter obligatorio a mediano plazo.

1.3.3 Objetivo Principal

- Diseñar las estrategias de mantenimiento de la división basados en las postulaciones del TPM.

1.3.4 Objetivos Específicos

- Evaluar las actuales estrategias de mantenimiento de la división.
- Determinar la criticidad de los equipos
- Identificar los factores claves del TPM para diseñar las estrategias más adecuadas.
- Diseñar indicadores de gestión que permitan evaluar la gestión.
- Diseñar una estructura organizacional que permita en el futuro implementar las estrategias diseñadas.

2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

¿Qué ha hecho famoso a los Japoneses en la producción de sus productos de excelente calidad y bajo costo?. Es indudable que la respuesta es el Justo a Tiempo y el Control Total de la Calidad. Pero, ¿qué ha garantizado que estas técnicas administrativas funcionen sin contratiempo?. El Mantenimiento Productivo Total, ha sido la filosofía que ha permitido a estas empresas exitosas estar a la vanguardia en el mercado internacional, garantizando tener sus productos al menor costo y exento de inventario.

Después de la Segunda Guerra Mundial, las empresas japonesas se dieron cuenta que para competir en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos.

Para lograr esto los japoneses incorporaron técnicas de gestión y fabricación de la industria de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias.

Rápidamente sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior, centrando la mirada del mundo en el estilo japonés de técnicas de gestión.

El termino TPM fue definido en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (precursor del Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas)

El TPM mas que un método administrativo es una cultura de vida para las empresas, una filosofía que tiene como meta un ideal, el laborar al 100% de su capacidad instalada al 100% del tiempo, sin tener averías, sin tener defectos, ni problemas de seguridad en un ambiente de trabajo agradable para todos los participantes. En la medida que la compañía busca lograr acercarse a esta meta esta garantizando su éxito y su permanencia en un ámbito de un mercado global competitivo y creciente.

El TPM es una concepción cooperativa, de enfoque global hacia la calidad a través del trabajo en equipo. La transferencia de conocimiento es vital en una forma libre y natural dentro de la compañía fortaleciendo la integración. El

Mantenimiento es realizado por todas las personas de la empresa en grupos; estos incluyen a la alta gerencia que debe estar firmemente comprometida con los logros o metas del TPM.

2.1 EVOLUCIÓN DE MANTENIMIENTO EN JAPÓN

El mantenimiento productivo alcanzo su alto grado de implantación en los años setenta, y es cuando el TPM empieza a desarrollarse. Este proceso no es aislado, son todas estas fases evolutivas de mejorar la gestión administrativa las que originan el TPM como tal, es una cultura que se adapta y crece con cada compañía y se desarrolla por fases. De estas fases se identifican cuatro fases históricas de desarrollo:

- Fase 1 Mantenimiento Correctivo de averías
- Fase 2 Mantenimiento Preventivo MP
- Fase 3 Mantenimiento Productivo
- Fase 4 Mantenimiento Productivo Total.

El mantenimiento preventivo hasta los años setenta constituía el principal método de gestión administrativa de mantenimiento, durante los ochenta es reemplazado por el mantenimiento basado por condición o predictivo, en el cual se hace uso de las tecnologías modernas para ayudar a la efectividad del mantenimiento asegurando así aun más confiabilidad.

Este es un proceso de desarrollo que en muchas empresas niponas han implementado, pero en todo este proceso que es en sí un mejoramiento y refinamiento continuo de los conceptos de mantenimiento se busca mantener y crear ventajas competitivas para liderar y ganar mercados internacionales.

Tabla 2. Evolución de mantenimiento en Japón

	Años 50	Años 60	Años 70
Época	Mantenimiento Preventivo Establecimiento de funciones de mantenimiento.	Mantenimiento Productivo Reconocimiento de la importancia de la fiabilidad, mantenimiento y eficiencia económica en el diseño de planta	Mantenimiento Productivo Total Logró la eficiencia en PM con un sistema comprensivo basado en respeto a personas y participación total de empleados.
Enfoque	PM (Mantenimiento Preventivo) 1951. PM (Mantenimiento Productivo) 1954. MI (Mejora Mantenibilidad) 1957	Prevención Mantenimiento. 1960 Ingeniería de Fiabilidad. 1963 Ingeniería Económica	Ciencias de la conducta MIC, PAC y planes F Ingeniería de Sistemas Ecología Terotecnología Logística
Eventos Principales	1951 Toa Nenryo Kogyo es la primera compañía japonesa en usar P estilo americano 1953 20 compañías forma un grupo de investigación PM (germen del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas – JIPM) 1958 George Smith (USA) promueve el PM en Japón.	1960 Primera convención sobre mantenimiento 1962 La Japan Management Association envía misión a USA para estudiar el mantenimiento de equipos. 1963 Japón asiste a convención internacional de mantenimiento de equipos (Londres)	1970 Convención Internacional de mantenimiento de equipos en Tokio (patrocinio de JIPE y JMA) 1970 Japón asiste a convención internacional de mantenimiento de equipos patrocinada por UNIDO (RFA) 1971 Japón asiste a convención internacional de mantenimiento de equipos. (Los Ángeles) 1973 REINO UNIDO patrocina simposio sobre reparaciones y mantenimiento en Japón. 1973 Japón asiste a convención internacional sobre Terotecnología (Bristol, Alemania) 1974-1976-1978-1980 Japón asiste a congreso de mantenimiento EFNMS

FUENTE: Nakajima Chicii, TPM. Implementing Total productive maintenance.

1. Dirección para innovación y creación (MIC); Análisis rendimientos y control (PAC); Plan Supervisores (Plan F)
2. Organización de Desarrollo industrial de Naciones Unidas (UNIDO)
3. Federación Europea de Sociedades de Mantenimiento Nacional (EFNMS)

“(TPM por sus siglas en inglés), es un concepto nuevo en cuanto al involucramiento del personal productivo en el mantenimiento de plantas y equipos. La meta del TPM es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado. El sistema del TPM nos recuerda el concepto tan popular de TQM "Manufactura de Calidad Total" que surgió en los 70's y se ha mantenido tan popular en el mundo industrial. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización. Este artículo describe al TPM en detalle y valora sus debilidades y cualidades como filosofía de mantenimiento y discute sus procedimientos de implementación. Se presentan también algunos ejemplos de implementación exitosa.

- Filosóficamente, el TPM recuerda algunos aspectos valiosos del TQM "Manufactura de Calidad Total" o también Total Quality Management, (Gerencia de Calidad Total) entre ellos:
- El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable.
- El personal debe tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.
- Se debe tener un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar desde uno hasta varios años.
- También deberá tener lugar un cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.

TPM le da un nuevo enfoque al mantenimiento como una parte necesaria y vital dentro del negocio. Se hace a un lado el antiguo concepto de que éste es una actividad improductiva y se otorgan los tiempos requeridos para mantener el equipo que ahora se consideran como una parte del proceso de manufactura. No se considera ya una rutina a ser efectuada sólo cuando el tiempo o el flujo de material lo permitan. La meta es reducir los paros de emergencia, los servicios de mantenimiento inesperados se reducirán a un mínimo.

En realidad el TPM es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, derivada de los conceptos de calidad con que el Dr. W. Edwards Deming's influyó tan positivamente en la industria Japonesa. El Dr. Deming inició sus trabajos en Japón a poco de terminar la 2a. Guerra Mundial. Como experto en estadística, Deming comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante análisis estadísticos. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad, una nueva forma de vivir. De ahí surgió TQM, "Total Quality Management" un nuevo estilo de manejar la industria.

En los años recientes se le ha denominado más comúnmente como "Total Quality Manufacturing" o sea Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Para entonces, ya algunos procedimientos de Mantenimiento Preventivo (PM) ahora ya prácticamente obsoleto (NT)- se estaban aplicando en un gran número de plantas.

Usando las técnicas de PM, se desarrollaron horarios especiales para mantener el equipo en operación. Sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción. Se aplicaba la idea errónea de que "si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor". Se obedecía más al calendario de PM que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes lo hacían se limitaba a la información (a veces incompleta y otras equivocada), contenida en los manuales.

La necesidad de ir más allá que sólo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones o recomendaciones del fabricante como método de mejoramiento de la productividad y la calidad del producto, se puso pronto de manifiesto, especialmente entre aquellas empresas que estaban comprometiéndose en los programas de Calidad Total. Para resolver esta discrepancia y aún mantener congruencia con los conceptos de TQM, se le hicieron ciertas modificaciones a esta disciplina. Estas modificaciones elevaron el mantenimiento al estatus actual en que es considerado como una parte integral del programa de Calidad Total.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan

que se usaba en la planta Nippondenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los 1960's. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta, (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a fines de los 1980's. En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de TPM”¹

2.2 LAS METAS DEL TPM

- Maximizar la eficacia del equipo (Mejorando la efectividad global)
- Desarrollar un sistema completo de mantenimiento productivo y sistemático para todo el ciclo global de vida del equipo (Toda la vida útil del equipo)
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan y mantienen los equipos en la implementación del TPM (Ingeniería, producción y mantenimiento)
- Involucrar activamente a todos los empleados, partiendo desde la alta gerencia hasta los colaboradores de taller.
- Realizar la promoción del TPM a través de la gestión de la motivación llevada a cabo en pequeños grupos de trabajo con actividades autónomas.

El concepto de la palabra “Total” en Mantenimiento Productivo Total tiene los siguientes significados

- Efectividad Global de Producción, es la búsqueda de la rentabilidad o eficacia económica, donde la disponibilidad del equipo se optimiza al igual que la tasa de desempeño del equipo y la calidad en la producción de los productos. Estos tres factores multiplicados entre si establecen el índice de eficiencia global de producción EGP.

¹ NAKAJIMA Chicii, TPM. Implementing Total Productive Maintenance

- Implementación de un sistema de mantenimiento total con el fin de mejorar la facilidad del mantenimiento, la prevención y mejoramiento del mantenimiento en si mismo.
- Búsqueda de la participación total de todos los empleados, la creación de mantenimiento autónomo por la actividad de operadores o pequeños grupos de trabajo en cada departamento y a cada nivel. Involucrar activamente a todos en la participación del mantenimiento de la producción, desde la gerencia misma hasta los trabajadores del taller.

El concepto de Efectividad Global (que los japoneses llaman el PM Rentable, preventive maintenance PM) se fundamenta con el uso del mantenimiento basado en condición o mantenimiento predictivo, para lo cual el uso de herramientas tecnológicas de monitoreo y estadísticas es fundamental

El concepto de implementación de un sistema de mantenimiento para toda la vida útil del equipo es establecer un plan de mantenimiento que incluya la prevención del mantenimiento. Durante la fase de implementación se requiere mantenimiento preventivo y mejora de la rentabilidad. En todas las fases se estaba modificando o reparando los equipos, cambiando diseños, todo esto para evitar fallas y para facilitar mantenimiento.

El último concepto, participación total de los empleados, es el componente único y característico del TPM. Es el mantenimiento de actividades autónomas realizado por operadores y pequeños grupos de trabajo.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Dentro de la actividad TPM existen unas metas las cuales se enfocan a gestionar:

- Cero averías y cero defectos; Si en un sistema productivo se logra disminuir o eliminar las averías y defectos, el índice operativo del equipo mejora, los costos se reducen, los inventarios se minimizan, y por ende la productividad de la mano de obra se incrementa. Este proceso toma su tiempo desde el momento de la implementación del TPM habrá necesidad de operar unos años para ver los resultados.
- Maximizar la eficacia del equipo y maximiza su producción; el objetivo anhelado por las fabricas es aumentar la productividad y minimizar los costos. Para aumentar la productividad se debe maximizar la salida del

proceso esto se logra aumentando la productividad en si misma, aumentando la calidad del producto, entrega del producto a tiempo, reducción de costos, mayor seguridad e higiene industrial, una moral mas lata y un entorno favorable, adecuado de trabajo.

2.4. IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Para iniciar la aplicación de los conceptos de TPM en actividades de mantenimiento de una planta, es necesario que los trabajadores se enteren de que la gerencia del más alto nivel tiene un serio compromiso con el programa. El primer paso en este esfuerzo es designar o contratar un coordinador de TPM de tiempo completo. Será la labor de ese coordinador el "vender" los conceptos y bondades del TPM a la fuerza laboral a base de un programa educacional. Se debe convencer al personal de que no se trata simplemente del nuevo "programa del mes", simplemente esa culturización puede tomar hasta más de un año.

Una vez que el coordinador está seguro de que toda la fuerza laboral ha "comprado" el programa de TPM y que entienden su filosofía e implicaciones, se forman los primeros equipos de acción.

Los equipos de acción tienen la responsabilidad de determinar las discrepancias u oportunidades de mejoramiento, la forma más adecuada de corregirlas o implementarlas e iniciar el proceso de corrección o de mejoramiento. Posiblemente no resulte fácil para todos los miembros del equipo el reconocer las oportunidades e iniciar las acciones, sin embargo otros tal vez tengan experiencia de otras plantas o casos previos en la misma y gracias a lo que hayan observado en el pasado y las comparaciones que puedan establecer, se logrará un importante avance. El establecimiento de estas comparaciones que a veces pueden implicar visitar otras plantas, se denomina "benchmarking" o sea "comparación sobre la mesa" como cuando tenemos dos aparatos de las mismas características y los ponemos sobre la mesa para comparar cada parte en su proceso de funcionamiento. Esta es una de las grandes ventajas del TPM.

A los equipos se les anima a iniciar atacando discrepancias y mejoras menores y a llevar un registro de sus avances. A medida que alcanzan logros, se les da reconocimiento de parte de la gerencia. A fin de que crezca la confianza y el prestigio del proceso, se la da la mayor publicidad que sea posible a sus alcances. A medida que la gente se va familiarizando con TPM, los retos se van haciendo mayores ya que se emprenden proyectos de más importancia.

Como ejemplo, en una planta manufacturera una prensa sacabocados fue seleccionada como área de problema, la máquina fue estudiada muy detalladamente por el equipo TPM. Se hicieron observaciones de tiempo productivo y de paros por fallas o por cambios de herramienta (tiempo improductivo), algunos miembros del equipo tuvieron la oportunidad de visitar otra planta que tenía una máquina igual pero usándola con mayor eficiencia. Esta visita les dio varias ideas de mejoramiento para traer la máquina a una operación competitiva tipo "clase mundial" y se trazó un plan de acción. Se procedió a seguir el plan, se hizo limpieza, cambio de partes desgastadas, bandas, mangueras, pintura y ajustes necesarios. Como parte del proceso, se revisaron los procedimientos de operación y mantenimiento y se dio la capacitación necesaria. Un representante de la fábrica de la máquina fue llevado para apoyar en algunas partes de este proceso.

El éxito quedó demostrado, los registros de tiempo productivo de la máquina comenzaron a marcar un avance tanto en el proceso como en la productividad. Se seleccionó otra máquina, luego otra y así sucesivamente hasta completar la tarea de convertir esa planta a "clase mundial" y traerla a mejores niveles de rendimiento.

Nótese que en este ejemplo, el operador de la máquina tomó parte activa en el proceso. Esa es una parte esencial de la innovación que implica el TPM. Aquella actitud de "yo nada más opero la máquina" ya no es aceptable. Los diarios chequeos de lubricación, detalles y ajustes menores así como reparaciones simples, cambios de partes, etc. se convierten en parte de las responsabilidades del operador. Claro que reparaciones mayores o problemas técnicos siguen siendo atendidos por el personal de mantenimiento, o técnicos externos si es necesario, y ahora cuentan con un mayor apoyo, más clara información y una real participación de parte del operador.

El entrenamiento para coordinadores de TPM se puede obtener de diversos proveedores, instituciones privadas, (TPM on Line entre ellos por ejemplo), asociaciones de profesionales y además hay un buen número de publicaciones especializadas. Hay varios seminarios principalmente en los EEUU. Algunas de estas empresas de capacitación están ofreciendo recorridos por las plantas exitosas, lo que sirve para tomar buenas ideas y ejemplos, así como establecer comparaciones.

Los Resultados de TPM se pueden ver en Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson que son solamente unas pocas de las empresas que han implementado TPM con éxito. Todas ellas reportan una mayor

productividad gracias a esta disciplina. Kodak por ejemplo, reporta que con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar TPM. En algunas de sus divisiones, Texas Instruments reporta hasta un 80% de incrementos de su productividad. Prácticamente todas las empresas mencionadas aseguran haber reducido sus tiempos perdidos por fallas en el equipo en 50% o más, también reducción en inventarios de refacciones y mejoramiento en la puntualidad de sus entregas. La necesidad de subcontratar manufactura también se vio drásticamente reducida en la mayoría de ellas.

Hoy con una competitividad mayor que nunca antes, es indudable que el TPM es la diferencia entre el éxito o el fracaso para muchas empresas. Ha quedada demostrada su eficacia no sólo en plantas industriales, también en la construcción, el mantenimiento de edificios, transportes y varias otras actividades incluidos varios deportes (NT). Los empleados de todos los niveles deben ser educados y convencidos de que TPM no es "el programa del mes", sino que es un plan en el que los más altos niveles gerenciales se hallan comprometidos para siempre, incluida la gran inversión de tiempo mientras que dure su implementación. Si cada quien se compromete como debe, los resultados serán excelentes comparados con la inversión realizada".²

² Organización de Desarrollo Industrial Naciones Unidas. Mc Graw Hill. Año 1998. Pág. 25 – 30..

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 LISTADO DE EQUIPOS

En la tabla siguiente se listaran los equipos actuales que intervienen en el proceso productivo de beneficio de minerales y son administrados por la División Operación Minera y mantenidos por la División Mantenimiento Minas.

Tabla 3. Listado de Equipos División Operación Minera

EQUIPO	MARCA	CANTIDAD
Jumbo perforador para bajo tierra.	Atlas Copco	3
Cargador frontal bajo perfil	Scooptran	3
Triturador de Mandíbulas	Telesmith	3
Tren eléctrico bajo tierra	Trolly	1
Banda Transportadora	ACPDR	12
Cargador frontal superficie	Caterpillar	2
Jumbo perforador superficie	Atlas Copco	2
Cable Aéreo	Telesmith	1
Bandas Transportadoras	ACPDR	5
Bulldozer	Caterpillar	2
Alimentador de orugas	Telesmith	1
Triturador de Mandíbulas	Allis Chalmers	1
Criba de dos tendidos	Ludowíci	1
Triturador circular	KueKen	1
Alimentador de Bandeja	Ludowíci	5

FUENTE: Autores del proyecto

3.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE EQUIPOS

3.2.1 Equipos de Minas

- **Jumbo Perforador Bajo Tierra:** Atlas Copco serie C-70, utilizado para perforar el machón y luego introducir el explosivo. Equipo hidráulico para el carro perforador y de motor diesel para su locomoción.

Figura 7. Jumbo Atlas Copco



FUENTE: www.atlascopco.com

- **Cargador frontal de bajo perfil:** Scooptrams referencia A-64, cargador frontal para cargue de material es de bajo perfil para permitir su movilización dentro de la mina, la cabina de mando la lleva a un costado.

Figura 8. Cargador bajo perfil



FUENTE: Autores del Proyecto

- **Triturador de mandíbulas:** Telesmith, para triturar material de hasta 100cms de diámetro y dejarlo igual o por debajo de 20cms.
- **Tren eléctrico para bajo tierra (trolley):** Demag, alimentado por línea catenaria es capaz de arrastrar 10 vagones cargados con 2.3 toneladas de mineral de hierro y 0.7 toneladas de peso de cada uno de los vagones.
- **Bandas Transportadoras:** Montadas por personal de ACPDR, tienen cintas de lona de hasta 1200 mm de ancho con estaciones para ubicar tres rodillos y estaciones iniciales y finales para tambor, son traccionadas por motores eléctricos Siemens y reductores Falco, movilizan el 70% de la carga extraída de la mina y se dividen en tres grandes ramales.
- **Cargador Frontal para superficie:** Caterpillar referencia 963, con capacidad de carga en el balde de 1.8 toneladas es utilizado para recoger la carga suelta que queda después de la explosión y para cargar los vehículos volquetas que llevarán la carga hasta la planta trituradora.

Figura 9. Cargador Frontal Caterpillar



FUENTE: Autores del proyecto

- **Jumbo perforador para superficie:** Atlas Copco referencia C-70, igual modelo que para bajo tierra es utilizado para perforar la peña e insertar el explosivo y desprender el material.
- **Cable Aéreo:** Telesmith, es quizás el equipo más complejo de la división, es un bicable donde el cable riel soporta el peso de las góndolas y el material y el cable tractor que como su nombre lo indica tracciona las góndolas y gira en una rueda movida por sendos motores eléctricos. El diámetro para el cable tractor es de 32mm y para el cable riel 64mm en el lado que las góndolas van cargadas y 44mm para el lado en el que van vacías, cada góndola carga 1.3 toneladas de mineras y tiene un peso propio de 1.2 toneladas para un peso combinado de 2.5 toneladas, el sistema generalmente tiene montadas 60 góndolas de las cuales la mitad están cargadas.

Figura 10. Estación de descargue del cable aéreo



FUENTE: Informe Producción 2009. Acerías Paz del Río S.A.

3.2.2. Equipos planta trituradora

- **Bulldozer:** Caterpillar serie D-8, este equipo se encarga de empujar el mineral de hierro llegado de bajo tierra a través del cable aéreo y el mineral llegado en volquetas de superficie a la planta trituradora, el equipo empuja una cantidad precisa de cada material de acuerdo a la proporción que necesite la planta.

Figura 11. Bulldozer Caterpillar D-8



FUENTE: Autores del Proyecto

- **Alimentador de Orugas:** Telesmith, se encarga de recibir el material de la tolva que recibe el material empujado por el Bulldozer y alimentar el triturador de mandíbulas de la planta trituradora.
- **Triturador de mandíbulas:** Allis Chalmers, para triturar material de hasta 20cms de diámetro y dejarlo igual o por debajo de 15cms.
- **Criba de dos tendidos:** Ludowíci, clasifica el material en dos tamaños Gruesos (15-10cms) y finos (por debajo de 10 cms).
- **Triturador circular:** Kue-Ken, tritura material de 15cms de tamaño y lo reduce hasta 5cms, su sistema es circular y triturar el material contra sus paredes.
- **Bandas Transportadoras:** Idénticas a las de bajo tierra, estas bandas transportadoras llevan el material de la trituración primaria a la secundaria y de la secundaria a las tolvas de almacenamiento.
- **Bandejas Alimentadoras:** Ludowíci, alimentan las góndolas del tren que lleva el material a la siderúrgica tienen vibración de lata frecuencia para un rendimiento mayor.

3.3 METODOLOGÍA PARA OBTENER CRITICIDAD

La metodología utilizada para obtener la criticidad de los equipos anteriormente mencionados se basa en el modelo utilizado por las demás empresas del grupo empresarial Votorantim, este es muy específico y soporta su decisión en el impacto que produzca la operación del equipo a cuatro aspectos importantes para la organización, estos aspectos son:

- HSE (Seguridad, salud y medio ambiente)
- Producción
- Calidad
- Costo de mantenimiento

Tabla 4. Cuadro para cálculo de criticidad

ITEM	IMPACTO	CALIFICACIÓN
HSE	Alto impacto, lesiones que pueden ocasionar la muerte en operación normal, afectación alta del ambiente.	5
	Medio impacto, lesiones permanentes incapacitantes, afectación ambiental corregible.	3
	Bajo impacto, lesiones incapacitantes temporales, afectación menor del ambiente.	1
PRODUCCION	Su impacto en la producción es alto, se suspende la producción en más del 80%.	5
	Su impacto en la producción es medio, afecta la producción entre un 30% y un 80%.	3
	Su impacto en la producción es menor, su afectación es menor al 30%	1
CALIDAD	Su impacto en la calidad es alto, origina reprocesos en más del 80% del producto.	5
	Su impacto en la calidad es medio, entre un 30% y un 80%.	3
	Su impacto en la calidad es menor, origina reprocesos en menos del 30% del producto.	1
COSTO MTO.	Su costo de mantenimiento mensual supera el 20% del valor del equipo.	5
	Su costo de mantenimiento mensual está entre el 10% y el 20% del valor del equipo.	3
	Su costo de mantenimiento mensual es menor del 10% del valor del equipo	1

FUENTE: Autores del proyecto

Para cada equipo y de acuerdo a tabla No. 5, se asigna un valor y al final la sumatoria del valor de los cuatro ítems se revisa en la tabla No.4 para saber en qué criticidad se clasifica el equipo (A, B ó C).

Esta asignación de criticidad se debe revisar cada mes o cada que se presente un suceso importante en la operación de las minas y la planta trituradora ya que esta clasificación puede variar continuamente.

Tabla 5. Criticidad A, B ó C.

SUMATORIA (PUNTOS)	CRITICIDAD
Mayor o igual a 14	A
Entre 8 y 13 puntos	B
Menor de 8 puntos	C

FUENTE: Autores del proyecto

Cuando el equipo se define en criticidad A se considera crítico para la operación y se entiende que se deben tomar todas las acciones necesarias para tener este equipo en las mejores condiciones de operación, implementando las estrategias de mantenimiento suficientes para cumplir con esta meta.

Cuando el equipo se encaja en criticidad B no se considera crítico, pero si se debe tener atención y cuidado en establecer técnicas de mantenimiento que garanticen una operación adecuada del equipo sin llegar poner todo el cuidado que necesitan los equipos clasificados en criticidad A.

Cuando el equipo se clasifica en criticidad C no se considera crítico, y se deben utilizar las técnicas apenas necesarias para mantener la operación del equipo.

3.3.1 Calculo de criticidad para los equipos de la división: A continuación se realiza la clasificación de criticidad para cada uno de los equipos, asignando un valor para los ítems descritos y totalizando para clasificar en las categorías explicadas.

Tabla 6. Clasificación de criticidad para los equipos de la división

EQUIPO	HSQ	Producción	Calidad	CostMto.	Total	Criticidad
Cargador frontal bajo perfil	3	3	3	3	12	B
Jumbo perforador para bajo tierra. Código 01	3	3	3	3	12	B
Jumbo perforador para bajo tierra. Código 02	3	3	3	3	12	B
Jumbo perforador para bajo tierra. Código 03	3	3	3	1	10	B
Cargador frontal bajo perfil. Código 01	3	3	3	3	12	B
Cargador frontal bajo perfil. Código 02	3	3	3	1	10	B
Cargador frontal bajo perfil. Código 03	3	3	3	1	10	B
Triturador de Mandíbulas	3	3	3	1	10	B
Tren eléctrico bajo tierra	5	3	1	3	12	B
Banda Transportadora	3	1	1	1	6	C
Cargador frontal superficie. Código 01	3	1	1	1	6	C
Cargador frontal superficie. Código 02	3	1	1	1	6	C
Jumbo perforador superficie. Código 01	3	1	1	1	6	C
Jumbo perforador superficie. Código 02	3	1	1	1	6	C
Cable Aéreo	5	3	3	3	17	A
Bandas Transportadoras	1	1	1	1	4	C
Bulldozer D8	3	1	3	1	8	B
Bulldozer D7	3	1	3	1	8	B
Alimentador de orugas	3	5	1	1	10	B
Triturador de Mandíbulas	3	5	5	1	14	A
Criba de dos tendidos	1	3	3	1	8	B
Triturador circular	3	3	3	3	12	B
Alimentador de Bandeja	1	1	1	1	1	C

FUENTE: Autores del proyecto

3.4 IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS TPM A IMPLEMENTAR

Como fundamento para establecer la cultura TPM en Acerías Paz del Río se tomara como referencia una de las tantas definiciones:

“Cambiar la cultura corporativa para formar una sociedad con la ingeniería, el mantenimiento y la producción, centrada en mejorar la eficiencia del equipo, en mejorar la calidad del produjo y reducir las perdidas, mientras se perfecciona continuamente el trabajo en equipo entre los empleados, la dirección y los grupos de trabajo individuales”

Se aprecia en esta teoría el objetivo fundamental del TPM: mejorar la eficiencia del equipo. Sin embargo para lograr este objetivo el ingrediente fundamental es la gente. Pero este ingrediente debe ser especialmente preparado y motivado para liberar todo su potencial y trabajar en equipo operando bajo una cultura de calidad total previamente establecida y exitosa en la empresa. Para llegar a TPM es necesario no improvisar se debe recorrer un camino hacia el mejoramiento continuo.

Bajo el TPM se agrupan un conjunto de actividades sistemáticas interdependientes como son: mantenimiento preventivo, eficaz mantenimiento planificado y por cronograma, capacitación y sistemas de control.

3.4.1 El manejo del aspecto humano del cambio: El cambio en nuestro contexto de seres vivos es invariable, nuestra reacción al cambio es lo que resulta interesante. En el ambiente laboral se analiza como el cambio en puestos de trabajo afecta a las personas.

Las personas necesitan aferrarse a algo ante la inminencia del cambio es por eso que los cambios gerenciales no pueden ser fragmentadas, es importante que el trabajador conozca los alcances globales y la interacción de su función dentro del plan general del cambio. El personal puede no entender finalmente lo que esperan de el y desentusiasmo se vuelve generalizado por consiguiente este cambio carecerá de éxito. Lo contrario sucede cuando una política de cambio esta llena de información y participación, esto genera un convencimiento y una voluntad del personal hacia los nuevos lineamientos.

Es muy importante descubrir el potencial de cada personal y motivar su aprovechamiento, el trabajo en equipo supera en mucho a la suma de esfuerzos individuales. Es importante tener claro cuando conviene asignar funciones a grupos y cuando en forma individual, los equipos acrecientan la moral y ayudan a la toma de decisiones importantes, pero el desarrollo tiene que ser individual.

Los fundamentos de TPM resaltan la importancia de los recursos humanos y físicos, recomienda grupos naturales donde todos opinen y el líder recoja las expectativas, recomienda un sistema plano y no muy jerarquizado.

Una vez recogida las inquietudes y opiniones se establecen objetivos y se organiza un plan maestro, no se necesita que todas las actividades sean novedosas solo que se realicen en forma coordinada e interdependiente.

Para el caso específico del TPM es importante evaluar los siguientes programas:

- Mantenimiento: preventivo, predictivo, planificado, etc.
- Seguridad: mantenimiento del lugar y limpieza, seguridad y comunicación de riesgos y prevención del riesgo ambiental.
- Recursos humanos: actividades de pequeños grupos, de educación y entrenamiento, de desarrollo de habilidades de liderazgo, de estímulos de habilidades y desempeño.
- Trabajo de alto desempeño: satisfacción del cliente, mejoramiento continuo, grupos naturales, otros.
- Manejo de la información: sistematización o manual, medios de divulgación, etc.

Con la evaluación concienzuda de con que se cuenta, que se puede utilizar, que se requiere introducir, que se debe eliminar, se elaboran los cronogramas de actividades como son capacitación, adquisición de equipos, mantenimientos, utilización recurso humano, todo con sus respectivas asignaciones presupuestales.

Para ser un poco más digerible el proceso se recomienda iniciar el TPM en áreas piloto para así capacitar un grupo que después pase la información al personal y en un mediano plazo tener TPM en todas las áreas.

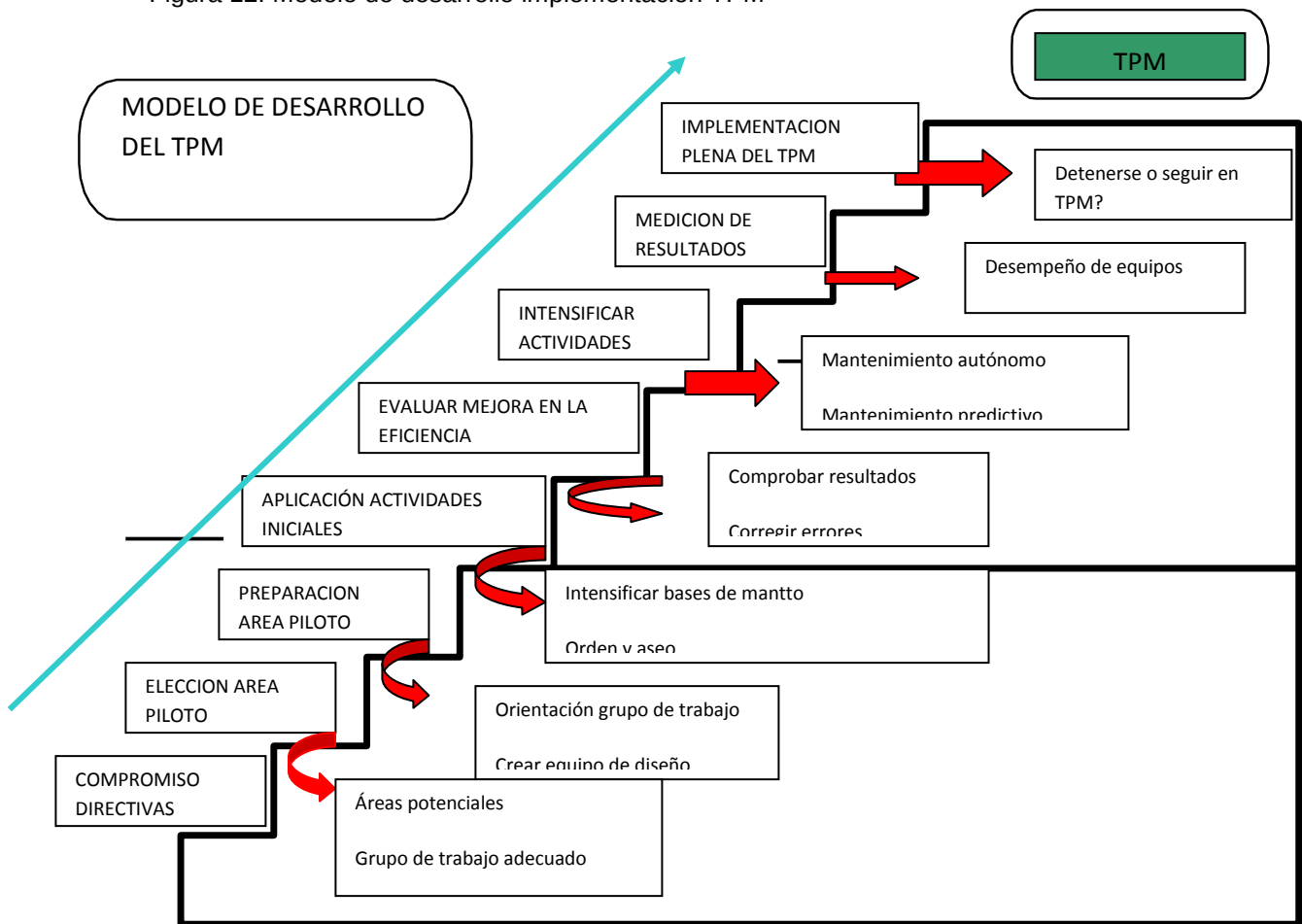
Una vez se tenga el camino allanado para el TPM se evaluara el programa existente para cada equipo con el fin de eliminar fallas no planificadas e incluir actividades preventivas, se debe llegar a una meta de mantenimiento no planificado menor del 20%, es importante contar con stock de repuestos necesarios y un sistema ágil de adquisiciones. Las actividades deben ser registradas en ordenes de trabajo con información exacta y completa ajustadas a los cronogramas elaborados en conjunto con operación, no importa que la información se guarde manual o electrónica lo importante es que pueda ser consultada en el momento necesario, esta debe permitir medir niveles de rendimiento del equipo y rendimiento humano (seguridad, ausentismo, tardanza).

El TPM involucra a los operarios de los equipos para realizar mantenimiento autónomo, el éxito es la capacitación.

Elaborar estudios de confiabilidad como análisis de efectos y fallas, costo de ciclo de vida del equipo y costos totales de mantenimiento son medidas importantes para el cumplimiento de las metas.

3.4.2. Modelo propuesto desarrollo TPM: A continuación se explica el modelo de implementación de TPM para Acerías Paz del Rio.

Figura 12. Modelo de desarrollo implementación TPM



FUENTE: Knights Peter. Conferencia de Gestión Moderna de Mantenimiento

- **Etapa 1.** Compromiso de la alta gerencia. El TPM es una filosofía que debe ser planteada por la vicepresidencia de minas de Votorantim, ya que requiere unos recursos importantes a nivel humano, económico y de tiempo. Es la gerencia quien debe divulgar, educar y motivar para que se den todas las condiciones de implementación.
- **Etapa 2.** Evaluación de la disposición del área piloto. Se selecciona como área piloto la línea de producción de hierro por lo siguiente: es un área con problemas que pueden ser mejorados con TPM ya que tiene alta frecuencia de paradas y fallos de equipos, alto costo de mantenimiento y alto índice de accidentes

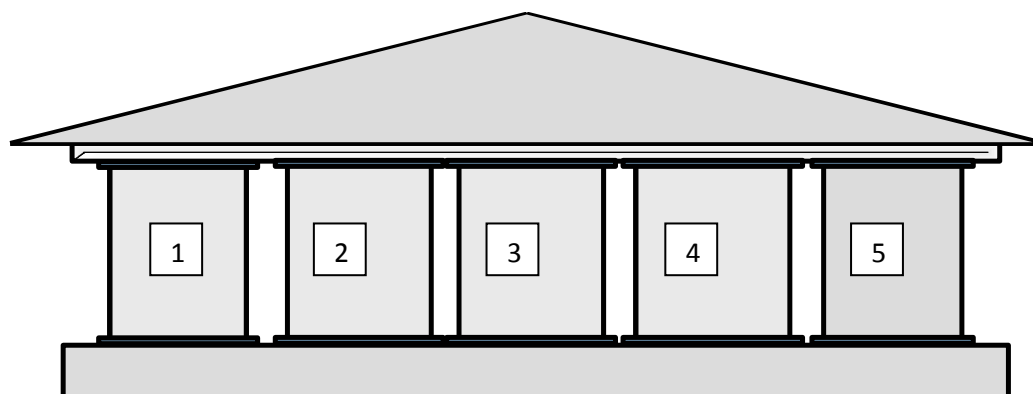
El personal de mantenimiento en esta área es calificado y ha recibido capacitación sobre prácticas de mantenimiento programado, maneja muy bien información como catálogos, manuales de partes, tablas de mantenimiento, rutas de inspección, también realizan programación de trabajos de acuerdo a la operación minera.

- **Etapa 3.** Preparación del área piloto. Se realiza charlas de orientación al grupo sobre TPM en cada uno de los 3 turnos de trabajo del área involucrando a ingenieros, supervisores y operarios. Se involucra también en este grupo piloto a personal de seguridad industrial y de operación minera. Se realizan entrenamientos específicos sobre TPM presentando modelos realizados en otras empresas identificando oportunidades y beneficios, se hace un listado de actividades TPM que se pueden iniciar atendiendo las opiniones y sugerencias del grupo. Se identifican puntos y actividades iniciales de TPM que se pueden realizar en periodos cortos como: jornadas de limpieza, de orden.

Se desarrolla un plan detallado y un cronograma para el área piloto.

- **Etapa 4.** Aplicar lo aprendido sobre TPM, aplicar la nuevas habilidades y conocimientos del área piloto, se debe estar atento a los cambios en el rendimiento y ejecutar todas las actividades propuestas
- **Etapa 5.** Comprobar la mejora en la eficiencia del equipo. Comprobar los resultados y comunicarlos en las carteleras de la mina y de la planta resaltando los logros, evaluando las lecciones aprendidas y corrigiendo los errores.
- **Etapa 6.** Intensificar las iniciativas del TPM piloto más allá de sus fundamentos. A partir de este punto se deben empezar a considerar actividades adicionales como mantenimiento autónomo, predictivo, cálculos de criticidad, manejo de indicadores de gestión, etc.
- **Etapa 7.** Rendimiento mejorado del equipo. Se debe establecer unos mecanismos para evaluar efectivamente el mejoramiento en el desempeño y la eficacia del equipo como consecuencia de las actividades anteriores.
- **Etapa 8.** Evaluar si se extiende el TPM a otras áreas de la empresa. Una vez evaluado el desempeño del área piloto se debe realizar una reunión interdisciplinaria para evaluar estos resultados para definir si se continua en otras áreas de la acería el modelo de TPM

Figura 13. Pilares del TPM



FUENTE: TPM, Expanding Your Business Capabilities

1. Eliminación de problemas en puntos críticos
2. Mantenimiento Planeado
3. Mantenimiento Autónomo
4. Capacitación y entrenamiento
5. Prevención de mantenimiento

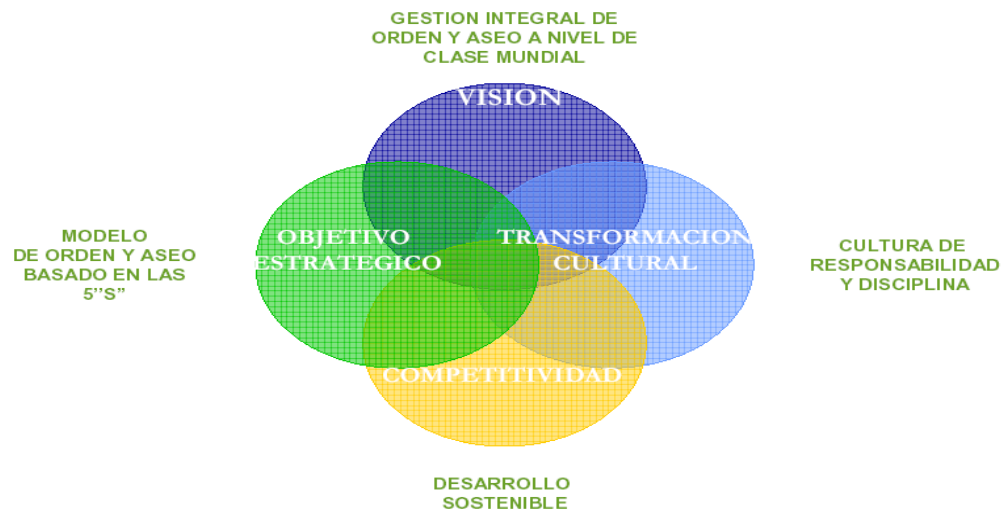
3.5 MODELO DE IMPLEMENTACIÓN ORDEN Y ASEO

Al inicio de todo proceso de mejoramiento, ya sea a nivel de individuos o de las organiza modelo de implementación de orden y aseo.

La estrategia TPM más exitosa, conocida y de mayor aplicación es la de las 5's. La industria de la minería se considera una de las de mayor efecto visual negativo hacia el orden y el aseo y la división minas de Votorantim Metais planta Acerías Paz del Rio no es la excepción a esta realidad. Se presenta un modelo sistemático adaptado a las condiciones deseadas en las metas TPM planteadas y para el sistema piloto definido, en este caso división de minas y el taller de mantenimiento de la misma.

Este desarrollo se alinea con los lineamientos de clase mundial y sostenibilidad que requieren las organizaciones de alto desempeño actualmente.

Figura 14 Modelo orden y aseo



FUENTE: Mora Gutiérrez Luis Alberto Mantenimiento estratégico para empresas de servicios y/o procesos industriales

3.5.1 Visión: Mantenimiento diseño un modelo de implementación de Orden y Aseo, basado en la técnica de las 5 “s”; que traza el rumbo Acerías Paz del Rio llegue a ser en (5) años, una de las organizaciones líderes en gestión integral de Orden y Aseo a nivel de clase mundial.

El modelo esta basado en la práctica de las 5 “s” desarrollando una metodología practica, para cada una de ellas bajo un sistema de PHVA.

3.5.2 Objetivos

- ✓ Incrementar el bienestar integral de todos los trabajadores.
- ✓ Disminuir la tasa de accidentalidad.
- ✓ Disminuir averías.
- ✓ Disminuir el impacto ambiental.
- ✓ Aumentar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.
- ✓ Incrementar utilidades al disminuir costos.
- ✓ Maximizar la productividad y aumentar la competitividad de la organización.

3.5.3 Beneficios: Los resultados de un proceso de mejora continua en orden y aseo, se evidencian en un primer momento en la disminución de la severidad de los accidentes de trabajo, en el incremento de satisfacción del personal, en la disminución en los tiempos de entrega, tiempos en movimientos durante el transporte, tiempo dedicado a la búsqueda de materiales, entre otros. El programa de Orden y Aseo genera:

- ✓ Menos averías.
- ✓ Menos accidentes.
- ✓ Menos movimientos y traslados inútiles.
- ✓ Menor tiempo utilizado para el cambio de herramientas.
- ✓ Menos elementos obsoletos y poco útiles.

Con el modelo Orden y Aseo se logra un mejor lugar de trabajo al obtener:

- ✓ Más espacio
- ✓ Mejor imagen.
- ✓ Mayor satisfacción y motivación de los trabajadores.
- ✓ Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- ✓ Mayor compromiso y responsabilidad con el trabajo.
- ✓ Mayor conocimiento del puesto de trabajo.

3.5.4. Pasos a ejecutar

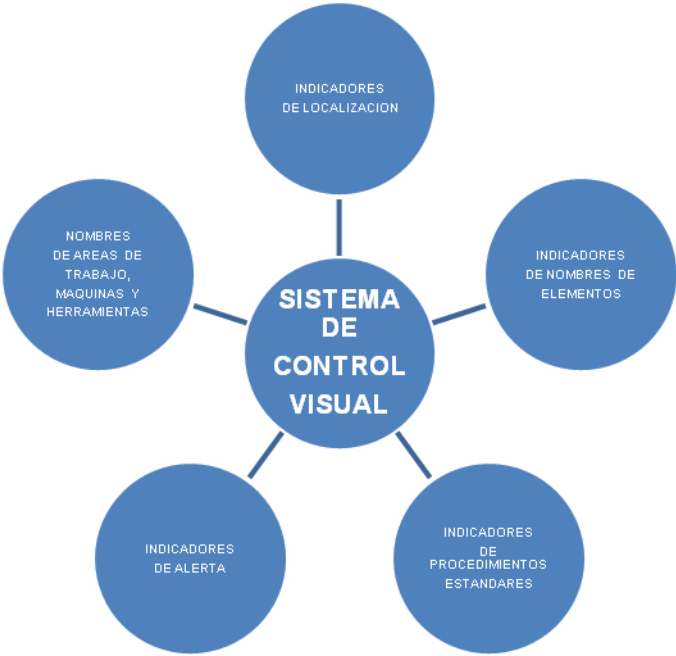
- Se delimite el taller de mantenimiento por zonas, se asignan grupos, cada grupo elige su líder, el grupo realiza la inspección por cada zona y áreas de trabajo.
- Se delimita el taller de Mantenimiento por zonas, se asignan grupos, cada grupo elige su líder, el grupo realiza la inspección por cada zona y áreas de trabajo.
- Se asignan grupos y cada grupo elige su líder para realizar las inspecciones en todas las Subestaciones Eléctricas.
- Se conforma el comité evaluador de Orden y Aseo.
- Se realiza la campaña de las Tarjetas Rojas

- Se hace entrega de Tarjetas Rojas a todos los integrantes de cada zona.
- Se hace entrega de listas de chequeo a los líderes de cada zona.
- Semanalmente los líderes entregan las inspecciones de todo el grupo al comité evaluador de Orden Y Aseo.
- Mensualmente se darán a conocer los resultados por zona en los respectivos informativos.
- Mensualmente en el comité de mantenimiento se realizara seguimiento a los resultados obtenidos en las inspecciones.
- Mensualmente en el informativo general se dará a conocer el grupo líder con el mayor cumplimiento.
- Mensualmente se realizaran capacitaciones de sensibilización en Orden y Aseo. (externas e internas)
- Semestralmente se entregara al grupo ganador un incentivo como reconocimiento por su esfuerzo y compromiso con la organización.

3.5.5 Comité de orden y aseo

- Administra el banco de Tarjetas Rojas.
- Lleva control de la información de las Tarjetas Rojas.
- Administra la información de las inspecciones para generar los resultados mensualmente para los indicadores y para los informativos por zona y el general consolidado.
- Aprueba o desaprueba la eliminación de equipos o herramientas en cada lugar de trabajo aplicando la estrategia de las Tarjetas Rojas
- Realiza cronograma de charlas de sensibilización con los grupos de trabajo o con personal externo.

Figura 15. Técnicas a utilizar



FUENTE: knights, Peter Conferencia de Gestión moderna de mantenimiento

Tabla 7. Cronograma de trabajo

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PLAN DE TRABAJO IMPLEMENTACION PROGRAMA ORDEN Y ASEO MTTO																											
		FECHA																											
		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Diseño y elaboración del programa	COMITÉ ORDEN Y ASEO			X	X	X	X																						
2. Consecución de Recursos	COMITÉ ORDEN Y ASEO						X	X																					
3. Reunion con Lideres asignados	COMITÉ ORDEN Y ASEO							X																					
4. Divulgación general del programa	COMITÉ ORDEN Y ASEO									X																			
5. Inicio de Ejecución de actividades	PERSONAL MTTO									X				X				X				X							
6. Seguimiento y control	COMITÉ ORDEN Y ASEO									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Primer Reconocimiento a Lider	DIRECCION MTTO																											X	

FUENTE: Autores del proyecto

3.5.6 Desarrollo del plan ejecución

1. CLASIFICAR. (SEIRI)

Descripción: Es separar los objetos por clases, tipos, tamaños, categoría o Frecuencia de uso. *"Es mantener sólo lo necesario".*

Objetivo: Separar sistemáticamente los elementos necesarios de los innecesarios en cada lugar de trabajo.

Metodología: *Campaña de las tarjetas Rojas*

Aplicación

- Lanzar campaña de tarjetas Rojas.
- Disposición de Banco de Tarjetas Rojas
- Registrar información en las Tarjetas Rojas
- Evaluar la información (Comité evaluador)
- Acciones correctivas.

Figura 16. Tarjeta roja

TARJETA ROJA				
Categoría				
1 ☐	EQUIPO	5 ☐	Documentos	
2 ☐	HERRAMIENTAS			
3 ☐	REPUESTOS			
4 ☐	ELEM. OFICINA			
Nombre del elemento:				
cantidad y unidades :				
Razones				
1 ☐	Innecesario	4 ☐	Se desconoce su uso	
2 ☐	Defectuoso	5 ☐	Material de desecho	
3 ☐	No se necesita pronto	6 ☐	Otra	
Eliminado por:				
Nombre:				
Zona:				
Metodo de Eliminación				
1 ☐	Desecho	Firma		
2 ☐	Cambiado de lugar			
3 ☐	Ubicado en almacen			
4 ☐	Otro			
Fecha	Fecha de aplicación de la tarjeta	fecha de eliminacion del elemento		
Archivo de Tarjeta Roja N°				

FUENTE: Autores del Proyecto

2. ORDEN. (SEITON)

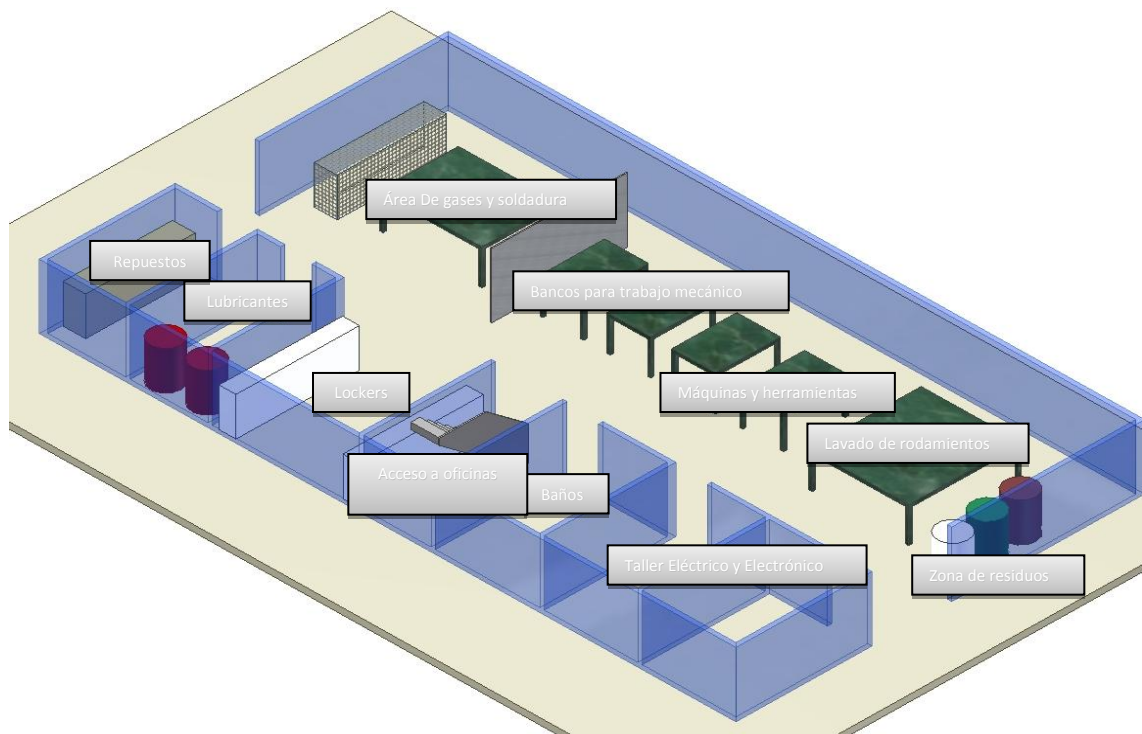
Descripción: Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de modo que se puedan encontrar con facilidad *"Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"*.

Objetivo: Organizar los elementos necesarios de modo que sean de fácil uso e Identificación en cada lugar de trabajo.

Metodología: Mapa de las cinco “s”

Aplicación: Se realizara el mapa de ubicaciones estándar para cada una de las zonas del taller y zonas de trabajo en toda la planta.

Figura 17. Mapa 5s



FUENTE: Autores del proyecto

3 LIMPIEZA. (SEISO)

Descripción: Significa limpiar pisos, limpiar la maquinaria y en general asegurar que toda la planta este limpia

Objetivo: Mantener siempre equipos y pisos limpios en los lugares de trabajo.

Metodología: Asignación de responsabilidades

Aplicación: Se asignaran grupos y lideres para cada una de las zonas para la ejecución de las inspecciones.

Tabla 8. Zonas de trabajo.

ZONA	#
Zona de Soldadura + Área de trabajo	1
Zona de taller , Maquinas y Herramientas + Área de trabajo	2
Zona Disposición de Residuos + Área de trabajo	3
Zona de Lubricación + Área de trabajo	4
Cuarto de repuestos y Sitio de reuniones + Área de trabajo	5
Oficinas 2° piso y sala de juntas + Área de trabajo	6

FUENTE: Autores del proyecto

4. ESTANDARIZACION. (SEIKETSU):

Descripción: Es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados.

"Unifique y cumpla con sus tareas de orden y aseo".

Objetivo: Mantener los tres primeros pilares (organización, orden y limpieza)

Metodología: Seguimiento a los lideres, charlas de sensibilización.

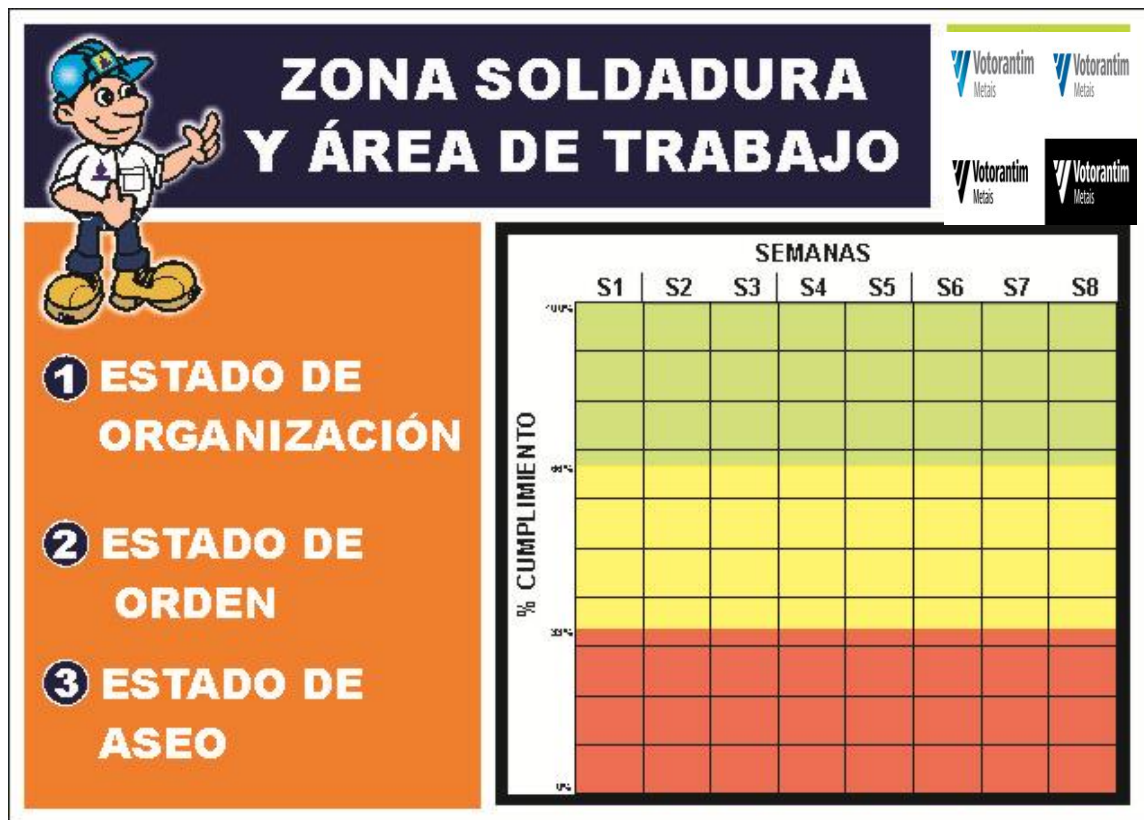
Aplicación: Concientización del personal a través de charlas de sensibilización y los informativos que muestran los avances por zonas.

Tabla 9. Registro cronograma orden y aseo

[illegible]

FUENTE: Autores del proyecto

Figura 18. Tablero de control por Zona



FUENTE: Autores del proyecto

5. DISCIPLINA. (SHITSUKE):

Descripción: Significa convertir en hábito el cumplimiento de los estándares de orden y limpieza en el lugar de trabajo. "Conserve el hábito de limpiar".

Objetivo: Convertir en hábito todas las buenas prácticas desarrolladas en el programa de orden y aseo.

Metodología: Ejecución de Check List y Seguimiento a zonas través de Indicadores

Aplicación: Ejecución de las listas de verificación y evaluación de resultados a través de los indicadores que permitirán tomar acciones correctivas.

Tabla 10. Lista de chequeo

INSPECCIONES DE ORGANIZACIÓN ORDEN Y ASEO MANTENIMIENTO										
ZONA RESPONSABLE:				FECHA:						
ITEM	EVALUACION ESTADO DE ORGANIZACIÓN	SI	NO							
1	Se encuentran mezclados los elementos necesarios y los innecesarios									
2	Es fácil ver lo que es necesario									
3	Los elementos innecesarios se guardaron en una parte fuera del taller									
4	Se puede decir a donde pertenece cada cosa y en que cantidad.									
5	Existen señalizadores de los objetos (codigos colores y dibujos)									
6	Los integrantes del equipo de trabajo conocen los criterios para asignar las tarjetas rojas									
		SUBTOTAL								
ITEM	EVALUACION ESTADO DE ORDEN	SI	NO							
1	Se encuentran las herramientas y equipos de trabajo en el sitio adecuado.									
2	Se encuentran los elementos de protección para trabajos rutinarios en el sitio adecuado									
3	Se encuentran los repuestos de trabajo en el sitio adecuado									
4	Se encuentran señalizados y etiquetados las herramientas y repuestos de trabajo									
5	Son adecuados los espacios designados para el ordenamiento de elementos de trabajo									
6	Los integrantes del equipo de trabajo conocen el mapa de ubicación de elementos de trabajo									
		SUBTOTAL								
ITEM	EVALUACION ESTADO DE ASEO	SI	NO							
1	Se encuentran los pisos limpios									
2	Se encuentran los equipos y maquinarias limpios									
3	Se encuentran limpios las herramientas y equipos para desarrollar trabajos en el área									
4	Se encuentra la zona de trabajo en óptimas condiciones									
5	Se evidencia la inspeccion en limpieza al inicio, durante y al finalizar cada turno de trabajo									
6	Los integrantes del equipo de trabajo conocen el mapa de asignaciones de zonas de limpieza									
		SUBTOTAL								
SUGERENCIAS POR ZONA		<table border="1"> <tr> <td>CALIFICACION TOTAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VALOR POR PUNTO 5.55</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">FIRMA</td> </tr> </table>			CALIFICACION TOTAL		VALOR POR PUNTO 5.55		FIRMA	
CALIFICACION TOTAL										
VALOR POR PUNTO 5.55										
FIRMA										
PELIGROS IDENTIFICADOS POR DESORDEN Y DESASEO		ACCIONES CORRECTIVAS	RESPONSABLE							
1										
2										
3										
4										
5										
OBSERVACIONES		DEFICIENTE		0-33						
		HAY QUE MEJORAR		34-66						
		SATISFACTORIO		67-100						

FUENTE: Autores del proyecto

3.5.7 Resultados deseados

Figura 19. Aspectos 5s



FUENTE: Autores del proyecto

El programa de orden y aseo esta basado en estrategias de Mantenimiento Total TPM alineado perfectamente con el insumo principal de éste que es el factor humano, es decir son las personas quienes ejecutan y participan activamente en estos planes, encontrando y explotando sus atributos, aptitudes y sobre todo actitudes para el éxito del programa.

La manera por la cual se formula fomentar la motivación a los trabajadores es mediante una campaña de sana competencia con la utilización de un tablero de ponderación para observar el estado de avance de cada zona y líder respectivo.

Figura 20. Consolidado general



FUENTE: Autores del proyecto

3.6 INDICADORES DE GESTIÓN

Debido a que actualmente la división mantenimiento minas no tiene indicadores de gestión establecidos para sus áreas, es importante para este trabajo establecer indicadores fundamentales que permitan empezar a medir la gestión de la división teniendo en cuenta el nivel de información sobre la función mantenimiento que posee la división, para esto los autores establecen los siguientes indicadores.

La accione, exige, como primera etapa, que se adquiera conciencia de la realidad y posteriormente, que se definan los objetivos a alcanzar y los medios para ello.

Entre tanto, una vez iniciado el proceso, es necesario monitorear el progreso alcanzado, a través de observaciones y comparaciones, a lo largo del tiempo, de parámetros que definan claramente el nivel de calidad del desempeño organizacional, constatando, sin subjetivismo, si se ha mejorado o no respecto a la situación actual que presenta la división mantenimiento minas.

En lo que se refiere a la actividad de mantenimiento en una empresa industrial, la

necesidad de un procedimiento de este tipo es mucho más reconocida. Una variedad relativamente grande de indicadores ha sido sugerida para monitorear su desempeño, con resultados no siempre consistentes.

Tradicionalmente los indicadores se han visto reactivamente, o sea, utilizándolos para mirar hacia atrás con vistas a planear el futuro, sin embargo se ha venido provocando un cambio en este sentido encaminado a utilizar los indicadores con una visión proactiva, o sea, para tomar decisiones hacia el futuro.

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento, siempre con la mirada puesta en lo qué se desea alcanzar con el mantenimiento industrial, son las siguientes:

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- Claros de entender y calcular.
- Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué
Es por ello que los índices deben:

Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción:

- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores plan o consigna que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presenten.

3.6.1 Tiempo medio entre fallas: Tiempo medio entre fallas (TMEF) es un indicador que mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado "Tiempo Promedio Operativo" o "Tiempo Promedio hasta la Falla".

Es muy importante para la división poder tener el tiempo medio entre fallas para tomar acciones que permitan alargar este tiempo.

Tiempo total de producción

$$\text{TMEF:} = \frac{\text{-----}}{\sum \text{ De Fallas}}$$



ACERÍAS PAZ DEL RÍO, S.A.



VOTORANTIM METAIS

ACERÍAS PAZ DEL RIO S.A

VICEPRECIDENCIA DE MINAS

DIVISIÓN MANTENIMIENTO MINAS

REPORTE DE TIEMPO DE FALLAS REPARACIONES Y MOBILIZACIÓN

REGISTRADO POR:

FECHA	TURNO	EQUIPO	UBICACIÓN	HORAS PROGRAMADAS EN EL TURNO	TIEMPO OPERACIÓN PLENA	HORAS DE PARADA POR FALLO	HORAS UTILIZADAS EN REPARACIONES	HORAS UTILIZADAS EN MOBILIZACIÓN PARA ATENDER LA FALLA

FUENTE: Autores del Proyecto

3.6.2 Tiempo medio entre reparaciones: Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

$$\text{TMER:} = \frac{\text{Tiempo total empleado en reiniciar la operación}}{\sum \text{De Fallas}}$$

3.6.3 Disponibilidad: El indicador de disponibilidad de equipos es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. Es posible para la división evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto disponible}}$$

En donde: Tiempo neto disponible = Tiempo extra + Tiempo total programado + Tiempo de paro permitido

Tiempo operativo = Tiempo neto disponible – Tiempo de paros

En el anexo C se encuentra el formato diseñado para registrar la disponibilidad de los equipos.



ACERÍAS PAZ DEL RIO S.A
VICEPRECIDENCIA DE MINAS
DIVISIÓN MANTENIMIENTO MINAS

Registrado por:

[illegible]

67

3.6.4 Costo de mantenimiento por valor de reposición: Para la división es muy importante hacer un análisis sobre el costo de los mantenimientos y reparaciones que le está haciendo a determinado para tomar decisiones sobre la reposición de equipos. Este indicador relaciona el costo total de mantenimiento que se le invierte a un equipo contra el valor de reposición que tendría este equipo y así evitar sobrecostos de mantenimiento a equipos que por sus condiciones es mejor reponerlos por equipos nuevos.

Costo total de mantenimiento x equipo

Costo Mto x Valor Reposición: = $\frac{\text{Costo total de mantenimiento x equipo}}{\text{Valor de Reposición}}$

3.7 NUEVA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a las estrategias TPM identificadas anteriormente se debe estructurar una nueva organización de mantenimiento para División y que tenga la robustez para administrar estos nuevos lineamientos establecidos en este trabajo.

La dirección de la división mantenimiento minas tendrá nuevos departamentos y secciones para cada una de las estrategias diseñadas, donde la responsabilidad de cada uno es administrar los recursos para cumplir las metas propuestas para cada estrategia, en la Figura No.21 se muestra el nuevo organigrama de la división.

Figura 21. Nuevo organigrama División Mantenimiento Minas



Fuente: Autores del Proyecto

Esta nueva organización busca tener un mayor control en la administración del mantenimiento al crear un departamento de confiabilidad donde dos secciones controlan las nuevas estrategias TPM identificadas en este trabajo.

3.7.1 Departamento de confiabilidad: El departamento de confiabilidad se encargara de promover todas las actividades y estrategias de mantenimiento que permitan ajustarse a la criticidad de los equipos y de esa forma buscar los recursos humanos, tecnológicos y económicos necesarios para mantener en condiciones de operatividad total los equipos críticos, y encontrar las practicas adecuadas para los equipos con criticidad B y criticidad C, sus principales funciones son:

- Diseñar e implementar estrategias de mantenimiento necesarias para los equipos de la división
- Evaluar periódicamente la criticidad de los equipos dependiendo de las reparaciones y la rotación de equipos, de la programación de producción de las minas y la compra de equipos nuevos.

- Solicitar a las secciones de ejecución los parciales de los indicadores de gestión y realizar el consolidado de la división para tomar medidas de acuerdo a las variaciones de estos.

La sección de mantenimiento preventivo dirigirá todas las actividades tendientes a consolidar las prácticas de mantenimiento preventivo, será la encargada de administrar toda la información de catálogos, hojas de vida, cartas de mantenimiento, planos y demás documentos ya sean en forma física o electrónica.

La sección de mantenimiento preventivo y autónomo será la encargada de propiciar estas prácticas dentro de la División programando los siguientes mantenimientos predictivos:

- Termografías a las instalaciones eléctricas de la división
- Análisis de aceites usados a los equipos diesel como cargadores y jumbos.
- Análisis por vibraciones a equipos rotatorios como cribas alimentadores

Estos mantenimientos se programaran con recursos propios o contratación con terceros que serán contratadas por el Departamento.

De igual manera se dará la capacitación necesaria a los operadores para llevar a cabo practicas de mantenimiento autónomo, después de la capacitación se establecerá hasta que labores se permite la acción de los operadores en mantenimiento.

Se combinaran practicas de predictivo y autónomo dotando algunos operadores de pistolas pirométricas para la inspección de temperatura en componentes de los equipos.

Para las inspecciones se registran en tarjetas diseñadas para que los operadores las registren y las entreguen al responsables del mantenimiento.

3.7.2 Departamento Planeación y Programación de Mantenimiento: El departamento se encargara de las siguientes funciones.

- Planear el mantenimiento de los equipos de la división de acuerdo a la información entregada por la sección de mantenimiento preventivo extraída

de los manuales, cartas de mantenimiento y bitácoras. De igual forma planeara teniendo en cuenta los informes de las ejecuciones de mantenimiento anteriores.

- Programara las labores de mantenimiento de acuerdo a la programación de operación de las minas y la planta entregadas por la División Operación Minera y teniendo en cuenta el alistamiento de recursos previos que entregan las secciones de ejecución.
- Reportara al Departamento de confiabilidad los informes de las ejecuciones de los mantenimientos.

Las secciones de ejecución de las minas y la planta trituradora se encargaran de realizar las labores directas de mantenimiento sobre los equipos de acuerdo a la planeación entregada y de acuerdo a los instructivos y modos operativos existentes, así como las directrices de los departamentos de HSEQ de la división Operación Minera, realizara los informes de ejecución de acuerdo al formato.

3.7.3 Departamento de proyectos: El departamento de proyectos tendrá las siguientes funciones:

- Liderar la implementación de nuevas tecnologías
- Seleccionar un software de mantenimiento independiente o común con las demás Vicepresidencias de la Compañía, supervisar su implementación, desarrollo y uso en la División Mantenimiento Minas.
- Seleccionar los equipos que se determinen necesarios durante la proyección minera de la Vicepresidencia.
- De acuerdo al indicador de costo de mantenimiento por reposición de equipo, determinar en qué momento y porque equipo se de hacer la reposición de los equipos de la división.

Apoyar todos los proyectos donde se necesiten conceptos técnicos de equipos o estructuras metálicas que líder la División de Proyectos Mineros

4. CONCLUSIONES

- La idea conceptual que se extrae del modelo cultural del TPM es obtener un sistema productivo donde el trabajador tome responsabilidad, compromiso para el cuidado y rutinas de mantenimiento de su equipo asignado al igual que su entorno laboral como medio de mejorar su calidad de vida en el trabajo.
- El modelo propuesto de implementación de una cultura TPM, se inicia con una línea piloto que se establece de acuerdo a unas pautas. De acuerdo al resultado el plan piloto se tomara este trabajo como guía para implementarlo en las demás secciones de la empresa
- Los elementos claves del TPM son: mejora continua, involucrar a los operarios en el mantenimiento, capacitación y establecer una infraestructura robusta que permita desarrollar el sistema
- El porcentaje de equipos clasificados en criticidad A es de 8% del total de los equipos de la división.
- El porcentaje de equipos clasificados en criticidad B es de 55% del total de los equipos.
- El porcentaje de equipos clasificados en criticidad c es de 37% del total de los equipos.
- Los indicadores de gestión que se generaran son el Tiempo Medio entre Fallas, Tiempo medio entre Reparaciones, Disponibilidad y Costo de Mantenimiento por Reposición.
- Los indicadores de gestión más adecuados para iniciar el programa son conocer el tiempo promedio en que los equipos fallan, el tiempo que se demora la reparación, la disponibilidad y en que momento es mejor reponer que seguir reparando.
- Las empresas que quieren evolucionar en la gestión de mantenimiento deben luchar por orientar la mentalidad de su recurso humano hacia labores preventivas y predictivas, teniendo un procedimiento claro y estructurado con indicadores que valoren la gestión y registrando todo lo hecho.

BIBLIOGRAFÍA

ARCINIEGAS A. Carlos Alberto. Mantenimiento productivo total. Posgrado en gerencia de mantenimiento. UIS 1998.

ALFONSO Duan. Conferencia de las Mejores Estrategias del Mantenimiento para equipo móvil. Balí. Indonesia. Marzo 1972.

GARCÍA PALENCIA Oliverio. Seminario Internacional indicadores de Gestión. Universidad Pedagógica y Tecnología. Bogotá. Agosto de 2006.

MOUBRAY Jhon, Reliability Centered Maintenance II Industrial Press INC. New York 1991.

MORA Gutiérrez, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales. Junio 5 de 2005.

NAKAJIMA Chicci TPM., Implementing Total Productive Maintenance.

NAKAJIMA Seiichi Introduction TPM. Productivity Press Inc, Cambridge. Massachusetts 1991.

KNIGHTS Peter. Conferencia de Gestión Moderna de Mantenimiento Universidad Católica de Chile. Departamento de Mecánica.

WIERNAN, Terry. Total Productive Maintenance. An American Approach. Industrial Press 1991

INFOGRAFIA

www.aceriaspazdelrio.com.co

www.atalascopco.com

www.votorantim.br

www.quiasturísticas.com