TESIS
IID 2000
D5
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

" DISEÑO DE UN SISTEMA PARA APLICAR LAS TÉCNICAS DEL ORDEN (5'S) Y LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE DESPACHO A GRANEL DE UN TERMINAL DE CEMENTO".

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA

REALIZADO POR Br. GUSTAVO A. DÍAZ GALDO
Br. DELFÍN R. MENDOZA TENORIO

PROFESOR GUIA Ing. JOSE LUIS RODEIRO

FECHA JUNIO DE 2000

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

" DISEÑO DE UN SISTEMA PARA APLICAR LAS TÉCNICAS DEL ORDEN (5'S) Y LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE DESPACHO A GRANEL DE UN TERMINAL DE CEMENTO".

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Dieciseis (16)

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE: JOSE RODEIRO	NOMBRE: William Hernández	NOMBRE: A. Galdo

REALIZADO POR	Br. GUSTAVO A. DÍAZ GALDO Br. DELFÍN R. MENDOZA TENORIO
PROFESOR GUIA	Ing. JOSE LUIS RODEIRO
FECHA	JUNIO DE 2000

SISTEMA PARA APLICAR LAS TÉCNICAS DEL ORDEN (5´S) Y LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

VENCEMOS
CATIA LA MAR

Trabajo Especial de Grado realizado para la Empresa Cemex Venezuela S.A.C.A.

Caracas, Venezuela
Año 2000

Realizado por: Br.Delfín Mendoza
Br. Gustavo Díaz
Revisado por: Ing. René Martínez
Ing. José L. Rodeiro

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE FIGURAS ..... **VI**

TABLAS Y GRÁFICAS ..... **VII**

LISTA DE ANEXOS ..... **VII**

1. SECCIÓN PRELIMINAR ..... **VIII**

1.1. SINOPSIS VIII

1.2. INTRODUCCIÓN IX

2. SECCIÓN INTRODUCTORIA **1**

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 1

2.1.1. RESEÑA HISTÓRICA 1

2.1.2. VENCEMOS 3

2.1.3. VENCEMOS CATIA LA MAR (CLM) 5

2.2. OBJETIVOS 8

2.2.1. GENERALES 8

2.2.2. ESPECÍFICOS 8

2.3. ALCANCE 8

2.4. METODOLOGÍA 9

2.4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9

2.4.2. INVESTIGACIÓN INICIAL 9

2.4.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 10

2.4.4. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA 10

2.4.5. DISEÑO DEL SISTEMA....11

2.4.6. RESULTADOS PRELIMINARES....11

3. SECCIÓN DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS....12

3.1. FUNDAMENTOS GENERALES DEL TPM....12

3.1.1. ORIGEN Y DESARROLLO....12

3.1.2. DEFINICIÓN DEL TPM....15

3.2. TÉCNICAS DEL ORDEN (5´S)....15

3.2.1. ORIGEN Y OBJETIVOS....15

3.2.2. SIGNIFICADO....16

3.2.3. CONCEPTO E IMPORTANCIA....16

3.2.4. IMPACTO SOBRE EL PROCESO....18

3.2.5. LAS 5´S....18

3.3. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO....22

3.3.1. CONDICIONES BÁSICAS PARA LOS OPERARIOS Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO....24

3.3.1.1. Aptitudes de los operarios....24

3.3.1.2. Habilidades que debe tener o adquirir el operador....24

3.3.1.3. La producción y el mantenimiento son inseparables....25

3.3.1.4. Apoyo al Mantenimiento Autónomo....26

3.3.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES BÁSICAS DEL EQUIPO....27

3.3.2.1. Deterioro del equipo....27

3.3.2.2. La importancia de la limpieza....28

3.3.2.3. Puntos claves para la limpieza 28

3.3.2.4. Puntos clave de inspección 29

3.3.3. IMPLANTACIÓN DE LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO 30

3.3.3.1. PASO 1: Limpieza inicial 32

3.3.3.1.1. Las anormalidades o anomalías.....33

3.3.3.1.2. Desarrollar lecciones de punto único.....33

3.3.3.1.3. Señalar las anormalidades donde ocurren.....33

3.3.3.1.4. Buscar la fuente de contaminación.....34

3.3.3.2. PASO 2: Eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.....34

3.3.3.2.1. Mejorar la accesibilidad para reducir el tiempo de trabajo.....36

3.3.3.3. PASO 3: Establecer estándares de limpieza, inspección y lubricación.....37

3.3.3.3.1. Introducir extensivamente controles visuales 38

3.3.4. PREPARACIÓN DE UN PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO 39

3.3.5. AUDITORIAS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO 40

3.4. TEORÍA DE SISTEMA.....41

3.5. LA ESTRUCTURA DE LAS PÉRDIDAS.....43

4. SECCIÓN DE DESARROLLO 46

4.1. ANTECEDENTES 46

4.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE DESPACHO A GRANEL.....47

4.2.1. Actividades de los camiones cisternas dentro del Terminal.....47

4.2.2. Descripción del proceso de carga a granel 47

4.2.2.1. Actividades del proceso de carga a granel.....49

4.2.2.2. Producción de la línea de granel 50

4.2.3. Inventario de los equipos de la línea de despacho a granel.....52

4.2.3.1. Diagnóstico 53

4.3. OPCIÓN DE MEJORA 54

4.3.1. JUSTIFICACIÓN 54

4.4. RESULTADOS 55

4.4.1. Sistema para aplicar las Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo (*Ver Manual Anexo)*. 55

4.4.2. Resultados preliminares de la aplicación del sistema 55

4.4.2.1. Reporte y resolución de anomalías. Creación de Estándares.....55

4.4.2.2. Cambios en las actividades y los tiempos del proceso de carga a granel: Reducción de costos 62

4.4.2.3. Resultados visuales de la aplicación del sistema 63

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 74

4.5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PRELIMINARES DE LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA 74

4.5.1.1. Reporte y resolución de anomalías. Creación de Estándares.....74

4.5.1.2. Cambios en las actividades y los tiempos del proceso de carga a granel: Reducción de costos.....75

4.5.1.3. Resultados visuales de la aplicación del sistema.....76

5. CONCLUSIONES.....77

6. RECOMENDACIONES.....79

BIBLIOGRAFÍA.....81

TABLA DE FIGURAS

Figura 2-1. Layout del Terminal de CLM.

Figura 3-1. Desde el TPM en el departamento de producción al TPM en toda la empresa.

Figura 3-2. Las 5´S.

Figura 3-3. Criterios de selección.

Figura 3-4. Clases de empresas y sus características.

Figura 3-5. Establecer las condiciones básicas del equipo eliminando las causas del deterioro acelerado.

Figura 3-6. Objetivo para fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.

Figura 3-7. Eficiencia Global del Equipo y Estructura de pérdidas.

Figuras 4-1 y 4-2. Antecedentes.

Figura 4-3. Diagrama del proceso de despacho de cemento a granel.

Figura 4-4. Flujograma de actividades del operario del despacho a granel.

Figura 4-5. Registro de tarjetas azules.

Figura 4-6. Registros de tarjetas rojas.

Figura 4-7. Control mensual de tarjetas azules y rojas.

Figura 4-8. Estándar inicial. Zona 3 de la línea de granel.

Figura 4-9. Nuevo flujograma de actividades del operario del despacho a granel.

Figura 4-10. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden.

Figura 4-11. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden.

Figura 4-12. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden.

Figura 4-13. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden.

Figura 4-14. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

Figura 4-15. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

Figura 4-16. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

Figura 4-17. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 3-1. Impacto de las 5´S sobre el proceso.

Tabla 3-2. Principios generales del Seiketsu.

Tabla 3-3. Puntos clave de inspección y limpieza.

Tabla 3-4. Primera fase del mantenimiento autónomo.

Tabla 3-5. Actividades de mejora.

Tabla 4-1. Informe de despacho de camiones cisternas del Dpto. de Romana.

Tabla 4-1. Informe de despacho de camiones cisternas del Dpto. de Romana.

Tabla 4-3. Inventario de los equipos de las Zonas 2 y 3 de Granel.

Tabla 4-4. Control de tarjetas de anomalías (meses Marzo-Mayo).

Tabla 4-5. Tiempos correspondientes a las actividades de carga a granel.

Tabla 4-6. Tiempo total del proceso de carga de la línea de granel.

Gráfica 4-1. Control de tarjetas de anomalías azules (meses Marzo-Mayo).

Gráfica 4-2. Control de tarjetas de anomalías rojas (meses Marzo-Mayo).

Gráfico 4-3. Control de tarjetas de anomalías.

Gráfico 4-4. Tiempo total del proceso de carga de la línea de granel.

LISTA DE ANEXOS

1. Organización de la Empresa Cemex Venezuela S.A.C.A.
2. Organización del Terminal de cemento de CLM
3. Habilidades del operador autónomo.
4. Efectos nocivos del sucio acumulado.
5. Puntos de chequeo.
6. Ejemplos de anormalidades.
7. Lecciones de un punto único.
8. Información y control visual en instrumentos, herramientas y e quipos.
9. Elementos de evaluación para la selección de la línea o equipo crítico.
10. Diagnóstico de la línea de despacho a granel.
11. Ocho principales pérdidas de una planta.
12. Aplicación preliminar del sistema en Vencemos Catia La Mar.

1. SECCIÓN PRELIMINAR

1.1. SINOPSIS

El trabajo especial de grado, titulado: **"DISEÑO DE UN SISTEMA PARA APLICAR LAS TÉCNICAS DEL ORDEN (5´S) Y LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE DESPACHO A GRANEL DE UN TERMINAL DE CEMENTO"**, desarrolla el diseño de un sistema capaz de aplicar las Técnicas del Orden y el Mantenimiento Autónomo, con el fin de utilizar dicho sistema para implantaciones futuras en las áreas que así lo ameriten.

El diseño de un sistema eficiente permitirá a la gerencia programar adecuadamente nuevas implantaciones de las Técnicas del Orden y del Mantenimiento Autónomo en todas las áreas de sus diferentes plantas, ya que el sistema maneja variables y factores de carácter genérico dentro de la compañía. El diseño del sistema se basa en las actividades del área de despacho a granel del Terminal de cemento de Catia La Mar de Cemex Venezuela S.A.C.A., la cual fue seleccionada como línea piloto para la implantación de dichas técnicas. El nombre de "línea piloto" corresponde a aquella área, línea o equipo que ha sido designada como centro de aprendizaje para la aplicación de un sistema novedoso dentro de la empresa.

La metodología utilizada para el diseño de este sistema se basó en la teoría de las Técnicas del Orden y del Mantenimiento Autónomo de la bibliografía consultada, además de los conceptos y teorías de sistemas que aparecen en los manuales de ingeniería industrial.

Los resultados y conclusiones del trabajo especial de grado hacen referencia al proceso de implantación del sistema y a las mejoras logradas en la línea piloto, a través de fotografías, que demuestran los cambios físicos, y por medio de la reducción en los tiempos de ejecución de las actividades de los operarios. Este tipo de mejoras permitirán el incremento de la eficiencia de los procesos del terminal, aparte de mejorar considerablemente el aspecto físico de la misma, factor importante a considerar al momento de causar una buena impresión a nuevos clientes potenciales, a través de las óptimas condiciones de las instalaciones de la planta.

1.2. INTRODUCCIÓN

La corporación Cemex Venezuela S.A.C.A., es una organización industrial dedicada a la fabricación, comercialización y transporte de cemento, concreto y sus agregados. Cemex Venezuela ha mantenido su posición de líder en el mercado venezolano y hoy día es la principal empresa exportadora de cemento y clínker hacia los Estados Unidos, Sur América y El Caribe.

Cemex Venezuela, hoy más que nunca, ha logrado asumir los retos que imponen la globalización y los cambios del entorno, transformándolos en metas, alcances y logros. Este dinamismo, y el firme propósito y compromiso por parte de la empresa para optimizar todas sus actividades, son la base fundamental en el objetivo de hacer de Cemex Venezuela "La empresa más competente y rentable del mundo".

Una de las estrategias a seguir por la empresa es incorporar en su sistema productivo la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que es el resultado de la combinación de los principios del modelo control de calidad moderno con las técnicas de mantenimiento industrial norte americano y el involucramiento del

personal de la empresa, sistema que ha revolucionado la mantenibilidad de los equipos de las plantas industriales del mundo entero.

En 1998 se da comienza al proceso de implantación de TPM en la empresa, tomando como instalaciones pilotos "El área de Oficinas del Terminal de Cemex Catia La Mar" y el frente de "Transportes Caura", aplicando una de las herramientas más importante y eficiente de este sistema japonés, "Las 5´S".

El beneficio de las 5´S es reforzado por el aporte que genera la implantación del Mantenimiento Autónomo, el cual se ha convertido en un programa indispensable para eliminar pérdidas y desperdicio en las plantas y maximizar la eficacia del equipo existente, siendo el personal más adecuado para resolver estos problemas el que está en contacto más íntimo con los lugares de trabajo: los operarios. El principal objetivo de estas técnicas es reducir los costos y mejorar la competitividad de la empresa.

Cemex Catia La Mar, ubicada en el Estado Vargas, es el Terminal encargado de suministrar cemento a la zona centro del país, es decir, venta y distribución a los depósitos de los Estados Vargas, Miranda, Distrito Federal, Aragua, Carabobo y Guárico, principalmente. El área de granel de dicho Terminal es el próximo objetivo en el proceso de implantación de TPM, cuya misión va a ser mostrar a los departamentos de la empresa e incluso a las demás plantas de la compañía, los cambios y beneficios que aporta el sistema de TPM. Comenzando con la aplicación en dicha área de las 5´S y la primera fase del Mantenimiento Autónomo, temas que son desarrollados y sobre los cuales giran los objetivos de este Trabajo Especial de Grado.

2. SECCIÓN INTRODUCTORIA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1.1. RESEÑA HISTÓRICA

La C.A. Venezolana de Cementos (VENCEMOS) fue fundada en 1943 por un grupo de empresarios venezolanos dirigidos por Eugenio Mendoza Goiticoa.

En el año 1945 la planta de Lara comienza operaciones en Barquisimeto, con una capacidad instalada de clínker de 15.000 toneladas métricas anuales.

Es inaugurada la planta Mara en el año 1947, ubicada en Maracaibo, estado Zulia, con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales.

Para 1949 arranca operaciones la planta Pertigalete, con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales.

A partir de 1950 la mayoría de las actividades se centran en torno a estas tres plantas, Lara, Mara y Pertigalete:

- 1954- Primera exportación de cemento. 67.500 sacos desde Pertigalete hacia Aruba.
- 1955- Vencemos Pertigalete da inicio a la producción de cemento especial para la cimentación de pozos petroleros. Yesos Macuro comienza la extracción y molienda de yeso.
- 1957- La planta de Lara comienza la producción de cemento blanco.
- 1963- Se inaugura un puerto de aguas profundas en Pertigalete.
- 1965- Primera exportación de clínker de Vencemos.
- 1973- Se inaugura la planta Pertigalete II, con una capacidad instalada de 810.000 toneladas métricas anuales de clínker.
- 1984- Vencemos inicia las exportaciones de cemento a la costa este de los Estados Unidos.

- 1989- La planta de Mara comienza la producción de cemento tipo H para la cimentación de pozos petroleros.
- 1990- Puesta en marcha de la línea 7 en Pertigalete. La nueva capacidad instalada del complejo llega a 2.700.000 toneladas métricas anuales de clínker.
- 1992- Las exportaciones de Vencemos llegan a Nigeria, Ghana, Togo y Costa de Marfil en África; Guyana Francesa e Inglesa en Sur América; República Dominicana, Aruba, Barbados, Curazao, Bonaire, Santa Lucía, San Bartolomé y San Martín en el Caribe.
- 1995- Vencemos Lara celebra su 50 aniversario y recibe el certificado de calidad ISO 9002.
- 1997- Vencemos Mara celebra su 50 aniversario. Se ratifica a Vencemos Lara y se otorga a Vencemos Mara la certificación ISO 9002. Las oficinas corporativas de Vencemos se trasladan a su nueva sede en Las Mercedes, Caracas.

Otros hechos de importancia fueron: el inicio de operaciones en el terminal marítimo de Catia La Mar (1956). Fundación de la empresa Transportes Caura, para la distribución de cemento en Venezuela en 1976. En 1977, El Ministerio de Fomento concede a Vencemos y a sus subsidiarias la autorización para el uso de la marca de calidad Norven. Fundación de la empresa Venmar C.A. para el manejo de las operaciones de concreto premezclado en 1979. Vencemos adquiere la totalidad de las acciones de Cementos Guayana (1993). Inauguración, en 1996, de un terminal fluvial de cemento en Manaus, Brasil, con una capacidad de almacenamiento de 15.000 toneladas métricas de cemento. Durante 1998, se adquieren operaciones de cemento y concreto premezclado en República Dominicana. Se otorga a Vencemos Guayana la certificación ISO 9002. Vencemos cumple 55 años. Por último, en 1999, Vencemos Basauri Oriente recibe el certificado de calidad ISO 9002.

Un suceso que sin duda, ha sido de gran trascendencia para la compañía fue el convertirse en filial de Cemex S.A. de C.V., la empresa cementera más grande de América y la tercera del mundo; cambiando su nombre de C.A. Venezolana de Cementos a Corporación Venezolana de Cementos S.A.C.A. en 1994. En el año 2000 cambia su nombre a Cemex Venezuela S.A.C.A.

Después de un largo proceso, Cemex ha mantenido una posición líder en el mercado venezolano y hoy día es la principal empresa exportadora de cemento y clínker de Venezuela hacia los Estados Unidos, Suramérica y el Caribe; presentándose como una sólida organización industrial dedicada a la fabricación, comercialización y transporte de cemento, concreto y sus agregados, con un alto nivel de excelencia, tanto en su recurso humano como en sus productos.

2.1.2. CEMEX VENEZUELA

Cemex Venezuela se centra en la fabricación y comercialización de los distintos tipos de cemento que son vendidos tanto en Venezuela como en el exterior. Sin embargo, más allá de sus aportes, y los de la industria cementera en general, en el desenvolvimiento de la economía nacional, es muy valioso el que le ofrece al desarrollo de la infraestructura física del país. El cemento es entendido como una señal que refleja la idea de trabajo y prosperidad, de progreso y desarrollo de una nación. Por eso se afirma que cuando el desafío es construir, en Venezuela, se habla de Vencemos.

Cemex Venezuela cuenta con las siguientes Plantas productoras de cemento:

- VENCEMOS LARA, ubicada en Barquisimeto Estado Lara. Cuenta con una capacidad instalada de cuatrocientas diez (410) toneladas anuales. Produce

clinker, cemento portland gris tipo I, y es la única empresa del país que fábrica cemento blanco.

- VENCEMOS MARA, ubicada en Maracaibo, Estado Zulia. Cuenta con una capacidad instalada de seiscientos cuarenta mil (640.000) toneladas de clínker, cemento portland gris tipo I y tipo H para la cementación de pozos petroleros.
- VENCEMOS PERTIGALETE, ubicada en la Bahía de Pertigalete, Estado Anzoátegui. Tiene una capacidad anual instalada superior a los tres millones de toneladas de clínker, siendo la productora de cemento más grande de América. Fabrica cemento portland gris tipo I y tipo II. También posee una planta para la elaboración de varios tipos de yesos calcinados, conocidos en los mercados como yesos paria.
- CEMENTOS GUAYANA, ubicada en la zona de Matanzas, Puerto Ordaz, Estado Bolívar. Dedicada a la molienda de clínker y a la fabricación de cemento portland gris tipo I, principalmente para el abastecimiento de las zonas sur del Orinoco y los mercados fronterizos de Guyana y Brasil.

Además de las plantas cementeras, Cemex Venezuela cuenta con el terminal de cemento de Catia La Mar y Venmar C.A., esta última, procesadora de concreto premezclado, que agrupa a Mezcladora Mixto Listo y Produca. Esta es la principal productora de concreto en el país y opera con más de veinticinco (25) plantas establecidas en veintidós (22) ciudades del territorio nacional, cuenta con más de trescientos (300) camiones mezcladores para la entrega del concreto y, como una ampliación al servicio que presta al constructor, ha desarrollado dentro de sus operaciones la colocación del concreto mediante bombeo.

Por último, la Corporación Cemex cuenta con un terminal importador de cemento en Manaus, al norte de Brasil, que cuenta con una capacidad de almacenaje de quince mil (15.000) toneladas y una capacidad de ensacado de trece mil ochocientos sesenta (13.860) Tm/mes.

Organización de la Empresa Cemex Venezuela S.A.C.A.: *Ver Anexo 1*

2.1.3. CEMEX VENEZUELA, TERMINAL VENCEMOS CATIA LA MAR (CLM).

El Terminal de cemento de Catia La Mar se encuentra ubicado al final de la avenida La Playa, Catia La Mar, Estado Vargas. Con una capacidad de almacenaje de 15000 toneladas, distribuidas en 6 silos, capaces de almacenar 2500 toneladas cada uno. El promedio mensual de cemento que pasa por las actividades del terminal es de 23000 Tm. El personal del terminal consta de 22 personas, de las cuales sólo 8 pertenecen a la empresa, estando las otras 14 contratadas a través de una compañía contratista.

De estas, 2 pertenecen al departamento de mantenimiento (un electricista y un mecánico), 10 pertenecen al departamento de producción (MOD), 2 al departamento de ingeniería, 3 al departamento de administración y el resto personal de limpieza.

Las actividades del terminal se explican a continuación:

Una vez que el barco realiza su maniobra de atraque en el muelle del Terminal de Recepción y Planta de Ensacado, bien sea proveniente de la planta de Maracaibo, Vencemos Mara, o de la planta ubicada en Puerto la Cruz Vencemos Pertigalete, se conecta una manguera (de catorce (14) pulgadas de diámetro) a la tubería que se encuentra a todo lo largo del muelle desde los silos, hasta el barco, una vez conectado comienza el proceso de descarga que dura (16) horas aproximadamente y lo realiza de la siguiente manera: descarga quince (15) minutos y descansa cinco (5) todo esto en condiciones normales. Este proceso de descarga se realiza a través de dos (2) compresores que se encuentran en el barco, trabajando

simultáneamente para lograr la fuerza de bombeo necesaria. Este proceso se realiza alrededor de tres veces al mes promediando 16200 Tm/mes.

Estando el cemento en los silos lo más común dentro del terminal es trabajar con uno para el sistema a granel y otro para ensacado, aclaramos que con un sólo silo se puede realizar el proceso tanto de ensacado, como el de granel, pero en desventaja con el anterior, ya que cuando esto sucede hay que esperar a que se llene la tolva del sistema de granel para que la ensacadora pueda funcionar.

En el sistema a granel, el cemento llega a través de una rosca sin fin hasta un elevador de cangilones, este lo pasa a un aerodeslizador que lo lleva hasta la tolva principal del sistema, para luego cargar los vehículos, ya que se pueden llenar simultáneamente dos (2) unidades, en un tiempo de veinte (20) minutos cada uno aproximadamente.

En el caso de las ensacadoras el cemento llega a través de una rosca sin fin hasta un elevador, que no es el mismo que utiliza el sistema a granel, además que cada ensacadora posee su elevador propio. Estos elevadores trasladan el cemento hasta la caja principal de los mismos donde se encuentra alojado un tamiz (criba vibratoria) que se encarga de extraer los desechos sólidos y cualquier contaminante que traiga el cemento. Es importante mencionar que el cemento que se pierde en el momento del ensacado, regresa al sistema gracias a una tolva que se encuentra en la parte de abajo para recogerlo, y a través de una rosca helicoidal auxiliar llega hasta el elevador para que este lo envíe de nuevo a la caja principal de la ensacadora donde se encuentra alojado el tamiz para que continúe el ciclo.

En el terminal existe un sistema de absorción o succionador (Optopus) para recoger diariamente el cemento que cae al piso, este llega a una tolva que está conectada a una de las roscas auxiliares que a su vez descarga en el elevador de la ensacadora permitiendo seguir el proceso.

Organización del Terminal de Cemento Catia La Mar: *Ver Anexo 2*.

A continuación se presenta el layout del Terminal de CLM.

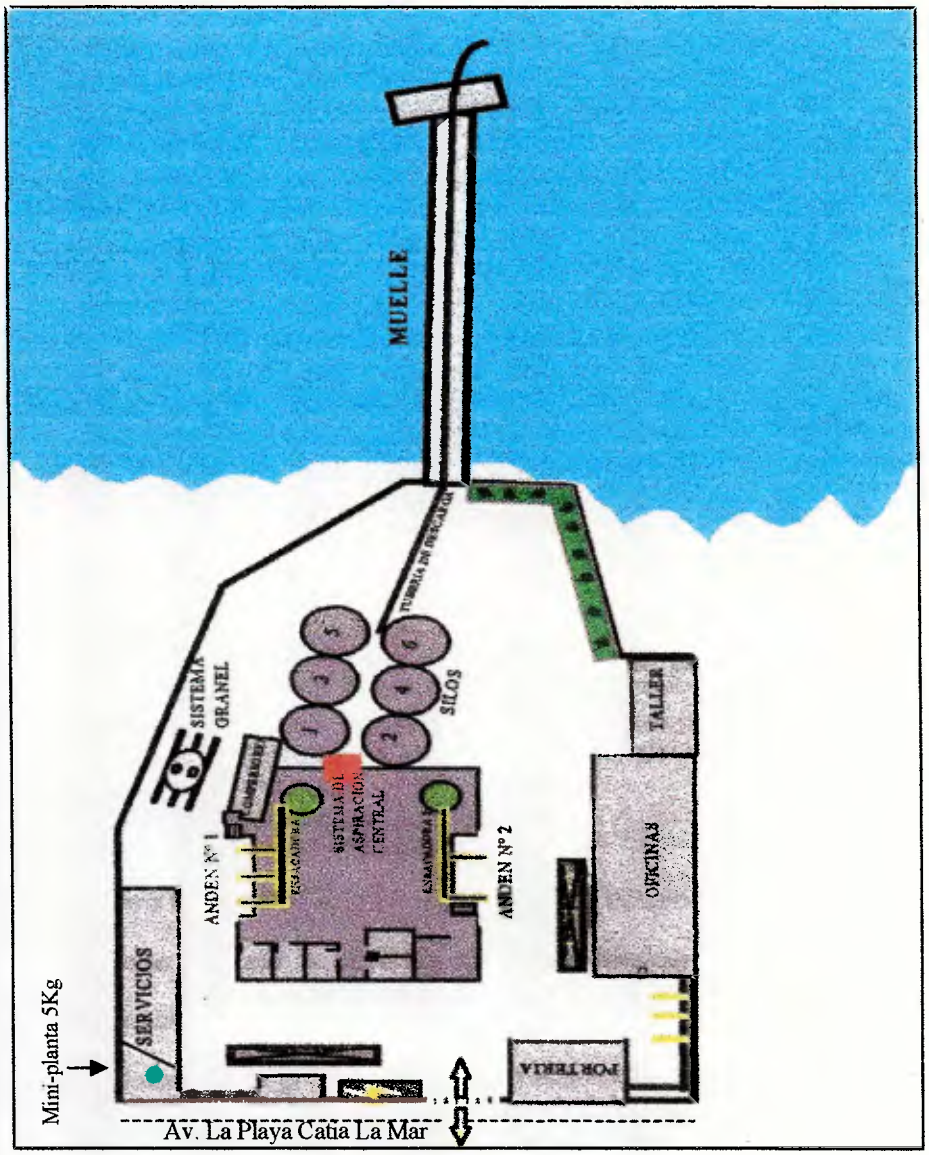


Figura 3-1. Layout del Terminal de CLM.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. GENERALES

Diseñar un sistema para aplicar la Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo en el área de Despacho a Granel de un Terminal de cemento.

2.2.2. ESPECÍFICOS

- Evaluar la línea de Despacho a Granel (situación actual).
- Instrucción progresiva a los operarios acerca de las metodologías a implantar.
- Puesta en marcha de la línea bajo las nuevas condiciones de trabajo.
- Identificar índices de desempeño.
- Diseñar formatos para la evaluación de la aplicación de las 5´S y el Mantenimiento Autónomo.
- Análisis de sensibilidad en base a los resultados obtenidos.
- Medición del impacto en base a los índices de desempeño identificados.

2.3. ALCANCE

El diseño propuesto se limita a presentar un sistema que guíe al lector a través de los pasos necesarios para implantar las Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo en una planta de proceso, como el primer paso dentro de la laboriosa y complicada tarea que representa adoptar la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Debido a que la implantación es posterior al diseño del sistema y que queda por parte de la compañía, y a pesar de que algunos de las actividades se llevaron en paralelo, los resultados obtenidos de la implantación en el Terminal de Catia La Mar, hasta el día de hoy, son tan sólo parciales, pero aún así son fieles indicadores de la dirección de mejora que ha adoptado la empresa. Para

reflejar algunos de estos resultados se estudiaron los tiempos de ejecución de las actividades del proceso sin la rigidez estadística que requiere un verdadero estudio de tiempo, debido a la limitación de recursos y tiempo, y además, porque un estudio de esa naturaleza es material suficiente para realizar un TEG independiente y no sería práctico ni necesario para cubrir los objetivos de este TEG. Una vez que el sistema esté más avanzado dentro del proceso y en busca de su consolidación, estos estudios de tiempo serán necesarios y deberán hacerse con toda las especificaciones del caso. El manual que se presenta anexo tan sólo contiene un sistema que permite la implantación de estas técnicas, por lo tanto, será necesario para un mayor aprovechamiento, que el usuario tenga conocimientos básicos de la teoría de TPM.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cemex decide implantar el TPM en sus procesos productivos pero, debido a la magnitud y complejidad de la compañía, se llegó a la conclusión que sería necesario realizar la instalación por etapas, en sus diferentes plantas y depósitos. Como el Terminal de Catia La Mar ya había experimentado una de estas etapas, se decide continuar a través de las herramientas más fuertes que posee el TPM, "las 5'S y el Mantenimiento Autónomo" en uno de los procesos productivos (línea de Despacho a Granel). La directiva escoge esta línea como piloto, para observar los resultados del sistema y poder apreciar si es factible llevarlo a los demás sistemas productivos de la compañía. El despacho a granel es el de mayores ventas para el Terminal y venía presentando problemas graves de incumplimiento de entregas a los clientes por paradas no programadas en la línea. También se suman otras condiciones por las

cuales se decide tomar esta línea como piloto, por ejemplo la falta de mantenimiento preventivo en la misma, lo deteriorado de los equipos y otras que se mencionan posteriormente.

2.4.2. INVESTIGACIÓN INICIAL

En esta etapa se investigará todo lo concerniente al tema; abarcando bibliografías, páginas Web (internet), trabajos de grado relacionados, manuales de ingeniería, etc. Además se contará con la ayuda de personas especializadas en el tema*

2.4.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La fundamentación teórica estará basada en la síntesis de las bibliografías que contengan una completa, clara y sencilla información, en trabajos de grado que enfoquen el diseño de sistemas y los conocimientos y experiencias de personas especializadas, es decir, se filtrará toda la información en búsqueda de los aspectos más importantes para el diseño del sistema.

2.4.4. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA

El Mantenimiento Autónomo, parte fundamental del TPM, aumenta notablemente la eficiencia de los equipos y de los trabajadores. Las Técnicas del orden además de lograr que el personal trabaje eficientemente y seguro, son indispensables en el proceso de transformación de la actitud laboral. Por eso se fusionan estas dos herramientas en una aplicación paralela y consecuente, para dar

* Ing. René Martinez López, certificado en Japón, por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM).

como resultado el diseño de cómo se puede introducir el TPM en industrias de proceso y manufactura. Además son indispensables para lograr procesos de mejora, reflejado por indicadores tan complejos como la Eficiencia Total de los Equipos (ETE), y eliminar los desperdicios y sus respectivas fuentes.

2.4.5. DISEÑO DEL SISTEMA

Se busca desarrollar un sistema eficiente, práctico y sencillo, que le proporcione al lector las herramientas necesarias para aplicar las 5'S y la primera fase del Mantenimiento Autónomo en un proceso productivo.

2.4.6. RESULTADOS PRELIMINARES

A medida que se lleva a cabo la implantación del sistema se obtienen resultados preliminares, los cuales serán analizados, a manera de retroalimentación, en busca de mejoras sobre las actividades realizadas con anterioridad.

3. SECCIÓN DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. FUNDAMENTOS GENERALES DEL TPM

3.1.1. ORIGEN Y DESARROLLO

El mantenimiento productivo, desarrollado en los años 60, incorporó disciplinas tales como el diseño para prevenir el mantenimiento, ingeniería de fiabilidad y mantenibilidad, e ingeniería económica para elevar la eficiencia de la vida entera del equipo. Es así como el mantenimiento productivo, combinado con el mantenimiento preventivo, ha tenido un papel importante en la mejora de la calidad del producto y en la productividad de aquellas industrias de procesos japonesas que lo han implementado.

El TPM surge en las industrias de manufactura y ensamble como respuesta a la necesidad de lograr ser menos intensivos en mano de obra, mientras que las industrias de proceso avanzaban en el mantenimiento preventivo y productivo. Los equipos utilizados en las industrias de manufactura y ensamble son cada vez más automatizados y sofisticados. Esta tendencia, junto con el concepto de producción justo a tiempo, promovió la búsqueda de mejoras para la gestión de mantenimiento en este tipo de industrias. Esto dio origen al mantenimiento productivo total (TPM), como un enfoque de mantenimiento productivo exclusivamente japonés que involucra a todo los empleados.

El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil, pasando a formar parte de la cultura corporativa de empresas como Toyota, Nissan y

Mazda, sus suministradores y filiales. Posteriormente fue adoptado por otras industrias tales como electrodomésticos, microelectrónica, plásticos, fotografías, etc.

También las industrias de proceso han empezado implantar el TPM. En los últimos años el TPM ha llegado a plantas de procesos de industrias de alimentos, caucho, refinerías de petróleo, químicas, farmacéutica, gas, cemento, papeleras, siderurgia, impresión, entre otras.

Los movimientos del TPM no solo se han quedado en el Oriente y el Occidente del globo terráqueo, si no que hace aproximadamente 9 años migra a Norteamérica y Sudamérica con ciertas modificaciones debido a la diferencia de culturas (se ha tropicalizado), pero buscando los mismos objetivos y basándose en las mismas definiciones.

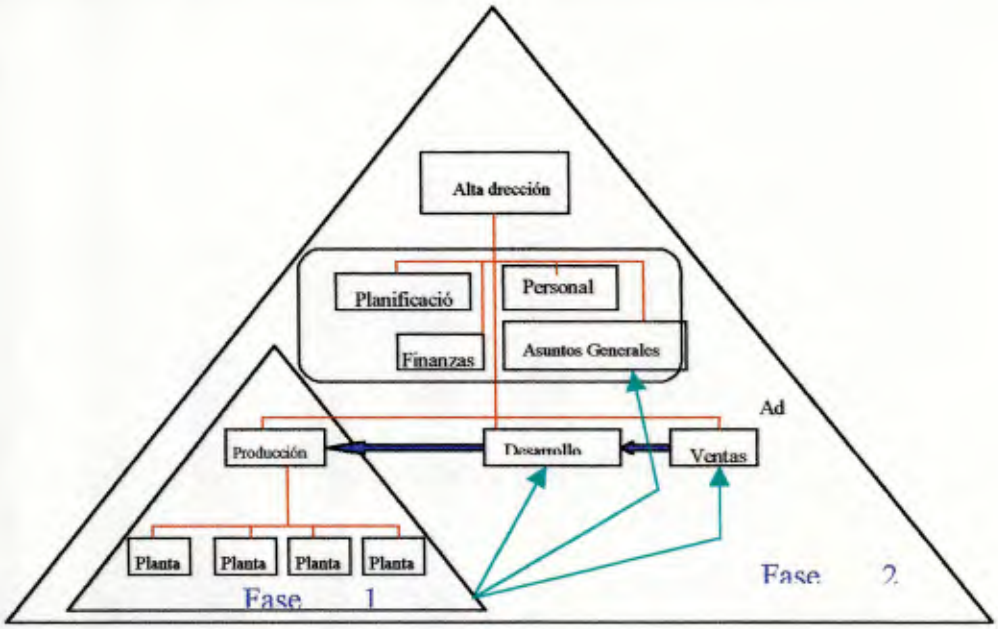
Muchas empresas de los Estados Unidos de Norteamérica, han reducido los defectos en las líneas de ensamblaje hasta un 69%, otras han aumentado la eficiencia en tan solo 4 meses de 64% a 84%, con ahorros que va desde 50 mil $ hasta 300 mil$.

En Sudamérica se tienen ejemplos de industrias que han adquirido la filosofía de TPM, como: Colgate (Brasil), Negroven (Venezuela), Unilevel (Venezuela), entre muchas otras.

Inicialmente, las actividades TPM se limitaron a los departamentos relacionados directamente con los equipos. Sin embargo, actualmente es aplicado por los departamentos administrativos y de apoyo para mejorar la eficiencia de sus propias actividades. También se están aplicando los métodos de mejora TPM en los departamentos de desarrollo y ventas. *Ver Figura 3-1.*

Las principales razones por los cuales el TPM se ha difundido tan rápidamente en la industria japonesa y mundial son porque garantiza drásticos resultados, transforma visiblemente los lugares de trabajo y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento.

Las empresas que implantan TPM logran resultados sobresalientes en diferentes aspectos donde resalta la reducción de averías de los equipos; la minimización de los tiempos en vacío y pequeñas paradas; la disminución de defectos de calidad; elevación de la productividad; reducción de los costos de personal, inventarios y accidentes; y en la promoción de la implicación del personal.



Fase 1 TPM: TPM en departamento de producción
Fase 2 TPM: Toda la empresa (producción, ventas, desarrollo, administración)

Figura 3-1. Desde el TPM en el departamento de producción al TPM en toda la empresa[1].

3.1.2. DEFINICIÓN DEL TPM

Inicialmente las actividades TPM estaba enfocadas únicamente hacia el área de producción. En la actualidad el TPM se aplica en todas las áreas de la empresa, incluyendo los administrativos y de ventas. En consecuencia se introdujo una nueva definición:

- Crear una organización corporativa que maximice la eficacia de los sistemas de producción.
- Gestionar la planta con una organización que evite todo tipo de pérdidas (asegurando los cero accidentes, defectos y averías) en la vida entera del sistema de producción.
- Involucrar a todos los departamentos en la implantación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración.
- Involucrar a todos, desde la alta dirección a los operarios de la planta, en un mismo proyecto. Orientar decididamente las acciones hacia las <cero pérdidas> apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

3.2. TÉCNICAS DEL ORDEN (5´S)

3.2.1. ORIGEN Y OBJETIVOS

La técnica de las 5´S, también conocida como las Técnicas del Orden, es el sistema utilizado con mayor frecuencia en Japón para obtener mejoras. Las 5´S, es la abreviatura de cinco palabras japonesas que comienzan con ese (S) y que abarcan cuatro principios fundamentales del mantenimiento industrial: *seleccionar(SEIRI), ordenar(SEITON), limpiar(SEISO) y estandarizar(SEIKETSU).* A esto se le suma la quinta ese (S) que conlleva al compromiso que adquiere la empresa al implantar este sistema: *disciplina(SHITSUKE).*

Los objetivos de las 5´S son crear una actitud dentro de la empresa abarcando todos los cargos existentes, desde el personal obrero hasta la más alta gerencia, respecto al mantenimiento del área de trabajo. Por otro lado, busca desarrollar un conjunto de actividades que permitan mantener el ritmo normal y mejorado de trabajo. Esta es una de las mejores técnicas para mejorar la eficiencia de cualquier área o departamento. Además es una base necesaria para cualquier otra actividad de mejora que se quiera implantar.

3.2.2. SIGNIFICADO

La implantación de las 5´S no puede estar basada en letreros, avisos y slogans. Los buenos resultados de las 5´S responden a un proceso práctico y sobretodo practicado, que sea capaz de producir resultados reales y visibles y que estén acordes con las necesidades y situación actual de la empresa. Para lograr esto es necesario que sea la Gerencia quien liderice el proceso demostrando los resultados que se esperan obtener e instruyendo a todo el personal de la empresa acerca de qué es importante.

El reto de mayor importancia que se le presenta a la Gerencia es causar una revolución en la conciencia de los trabajadores, ya que muchos de los problemas de la implantación de las Técnicas del Orden, tienen sus raíces en malentendidos y mala concepción acerca de lo que se planea realizar.

3.2.3. CONCEPTO E IMPORTANCIA

Las "5´S" es un programa para crear un ambiente de trabajo limpio y ordenado generando mejoras importantes en la seguridad, calidad, producción, costo, etc. Las "5´S" son la clave de productividad en Japón.

La importancia de las 5´S es un tema muy discutido en las reuniones grupales. Estas discusiones tienen un efecto muy positivo si las conclusiones de la discusión contienen ideas como las siguientes:

- Nos sentimos bien si el área donde trabajamos todos los días está limpio.
- Se evita tener que andar buscando las cosas.
- Es posible disminuir el número de fallas al detectar los problemas a tiempo.
- Si las 5´S funcionan como es debido, cualquier persona puede entender la situación fácilmente.
- Se facilita el proceso de inspección lo que mejora el mantenimiento preventivo.
- Con sólo mirar se puede localizar las anomalías.
- El buen cuidado y mantenimiento del área de trabajo ayuda a eliminar los accidentes y lesiones.
- El tiempo perdido en transporte se minimiza.
- La productividad tenderá a aumentar.

Por último, es de gran importancia que los productos y procesos de la empresa cuenten con la confianza y aceptación por parte del cliente. Las 5´S han servido, en repetidas ocasiones, como herramientas para obtener y afianzar esta confianza, que se verá reflejada en el crecimiento estable del negocio.

3.2.4. IMPACTO SOBRE EL PROCESO

PRODUCCION	• MINIMIZA EL TIEMPO DE PUESTA A PUNTO • MENOS TIEMPO BUSCANDO HERRAMIENTAS Y PARTES POR DESORDEN • ELIMINA LA CONFUSIÓN Y LA FALTA DE IDENTIFICACIÓN CERCA DEL LUGAR DE TRABAJO
CALIDAD	• EN LA FÁBRICA LIMPIA Y ORDENADA SE DETECTAN MÁS FACILMENTE LOS DEFECTOS • LA SUCIEDAD Y DESORDEN QUEDAN EXPUESTOS Y SE SOLUCIONAN RAPIDAMENTE
MANTENIMIENTO	• LA FRECUENCIA DE FALLAS DISMINUYE. • SE REDUCEN LAS INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO • MEJORA LA MANTENIBILIDAD Y DURACIÓN DE LOS EQUIPOS

Tabla 3-1. Impacto de las 5´S sobre el proceso.

3.2.5. LAS 5´S

A continuación se presentan las cinco palabras que le dan el nombre a las Técnicas del Orden, conocidas como 5´S.

Figura 3-2. Las 5´S.

SEIRI *(Seleccionar)*. La primera "S", Seiri, significa seleccionar y poner las cosas en orden, que se podría explicar como categorizar las cosas entre lo que es necesario y lo que no lo es. De esa forma se puede prescindir de aquello que no se necesita y luego clasificar las que sí se usan de la mejor forma de favorecer el método de trabajo. Es así como se separan las herramientas y utensilios de uso frecuente, que

requieren llevarlas con el equipo personal de trabajo, de aquellas herramientas de poco uso que pueden ser guardadas a mayor distancia en estanterías o anaqueles.

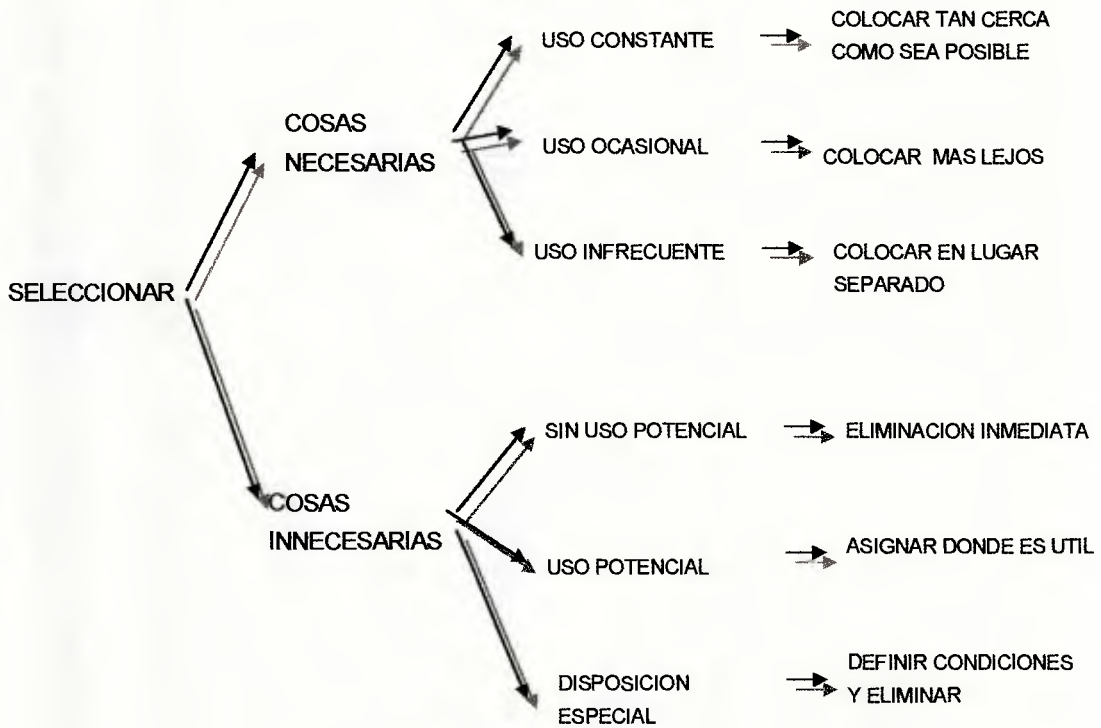


Figura 3-3. Criterios de selección.

SEITON *(Ordenar)*. La palabra japonesa Seiton significa acomodar, en un lugar específico, adecuada y eficientemente las cosas (proper arrangement), de tal forma que se facilite el uso de las herramientas o utensilios en el orden más eficiente;

para esto es necesario considerar las frecuencias de uso, siendo los principales objetivos lograr que las áreas de trabajo sean auto explicativas y evitar tener que hacer Seiri varias veces, lo cual se convertiría en desperdicio. Esta técnica se aplica especialmente en actividades de almacenamiento, donde es imprescindible tener acceso a los materiales, piezas, herramientas o equipos de una forma organizada y que permita cumplir con las estrategias y metodologías que rigen el funcionamiento del almacén. En estos casos específicos, es necesario tener en cuenta una regla para ordenar adecuadamente que contempla: rangos anchos o con muchas divisiones y poca profundidad. Es así como se pueden obtener mejores resultados al considerar ciertos indicadores como la eficiencia en el uso del espacio, problemas con el personal, las dimensiones del espacio utilizado y la profundidad. Por último se puede resumir la esencia del Seiton en la frase "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

Ejemplos de Seiton son:

- Demarcar con pintura o cintas la ubicación de cada equipo.
- Poner etiquetas visibles indicando el contenido de cajas, recipientes, armarios, compartimientos, archivos, etc.
- Delinear la figura de las herramientas sobre los tableros.

SEISO*(Limpiar)*. La actividad de limpieza que maneja la técnica de las 5´S obliga al operador a evitar que los equipos, herramientas y en general todas las superficies de su área de trabajo permanezcan sucias. La palabra limpiar es interpretada de muchas formas y por lo general se considera como barrer y evitar que se vea el polvo, pero esta técnica va mucho más allá. La limpieza del área de trabajo debe reflejar el orgullo personal de cada individuo, reflejar hasta cierto tipo de

sentimiento afectivo hacia el área de trabajo donde se está todos los días. En otras palabras, Seiso requiere dedicación por parte de todos los empleados, partiendo de la idea que las operaciones no han terminado hasta tanto no se haya limpiado. Esta actividad permite realizar las inspecciones con mayor eficiencia al facilitar el proceso de detección de fallas o posibles causantes de las mismas.

SEIKETSU *(Estandarizar)*. La limpieza de un área de trabajo y la implantación de estándares para mantenerlo limpio o evitar que se vuelva a ensuciar, son actividades inseparables, implementar el uno implica implementar el otro. El uso de estándares es un aspecto muy importante en aquellos lugares de trabajo donde se manejan productos alimenticios, farmacéuticos, biotecnológicos, componentes electrónicos y productos cuyo proceso incluya agentes contaminantes, este el caso de las fabricas de papel, cemento, mangueras de caucho, entre otros. Por otro lado, los estándares, tienden a darle una buena imagen tanto a los procesos, como a los empleados y por ende a la empresa, lo cual tiene un alto nivel de impacto y aceptación entre los clientes. Es a través de los estándares como se informa cómo se llevan a cabo las actividades y permiten a su vez evaluar el estado de las áreas de trabajo, ya que la estandarización utiliza en gran parte la información visual como instrumento de trabajo.

1. MÁS FÁCIL ES NO ENSUCIAR QUE EL TENER QUE LIMPIAR
2. EVITAR QUE ENTRE POLVO MEJORANDO LAS INSTALACIONES
3. EVITAR QUE LOS RESÍDUOS DEL PROCESO CAIGAN AL SUELO
4. EVITAR QUE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS O GASEOSOS FLUYAN DESORDENADAMENTE

Tabla 3-2. Principios generales del Seiketsu.

SHITSUKE *(Disciplina)*. Esta palabra representa el compromiso que adquiere el personal a cumplir con todas las técnicas y actividades explicadas anteriormente, es decir, cumplir las normas y hacer de ellas un hábito. La implantación de las Técnicas del Orden sin un compromiso serio y con un alto nivel de disciplina, empezando con el trabajo y el ejemplo de los altos cargos de la empresa, está condenada, sin duda alguna, al fracaso, ya que la disciplina es el motor que permite que las 5´S den resultados positivos. Las primeras 4´S son prácticas, Shitsuke las convierte en

filosofía de trabajo, con el objetivo de ser una empresa de 1ra Clase.

Figura 3-4. Clases de empresas y sus características.

3.3. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El TPM mejora los resultados de las empresas y crea lugares de trabajo agradables y productivos, cambiando el modo de pensar y trabajar con los equipos de todo el personal.[1]

El Mantenimiento Autónomo es el modo principal con el que el departamento de producción participa en el TPM; a través de la limpieza, inspecciones, y los ajustes realizados por los operarios.[3]

La misión del departamento de producción es producir buenos productos tan rápidamente y baratos como sea posible. Una de sus funciones es detectar y tratar con prontitud las anormalidades del equipo, que es el objetivo de un buen mantenimiento. El Mantenimiento Autónomo incluye cualquier actividad realizada por el departamento de producción relacionada con una función de mantenimiento y que pretenda mantener la planta operando eficiente y establemente con el fin de satisfacer los planes de producción.[1]

El propósito de un programa de mantenimiento autónomo tiene tres partes. Primera, conjuntar al personal de producción y de mantenimiento para lograr una meta común, estabilizar las condiciones de los equipos y parar el deterioro acelerado. Los operarios aprenden a realizar importantes tareas diarias para las que el personal de mantenimiento rara vez tiene tiempo. Estas tareas incluyen la limpieza e inspección, la lubricación, los ajustes, los chequeos de precisión, y otras importantes tareas, incluyendo el reemplazo de piezas y reparaciones simples en algunos casos.[3]

Segunda, se concibe para ayudar a los operarios a aprender más sobre el funcionamiento de los equipos, los problemas comunes que pueden ocurrir y su porqué, y como pueden evitarse esos problemas mediante una detección anticipada y el tratamiento de las condiciones anormales. Tercera, prepara a los operarios a ser socios activos del personal de ingeniería y mantenimiento en la mejora del rendimiento global y fiabilidad del equipo.

El Mantenimiento Autónomo requiere que los operarios conozcan y manejen bien su equipo. La experiencia en el trabajo no solo tiene que ver con las actividades de producción, también tienen que incluir muchas tareas que son vistas como trabajo del departamento de mantenimiento. Por encima de todo los operarios necesitan aprender a detectar anormalidades. Esto significa desarrollar la habilidad de mirar la calidad de los productos y el funcionamiento del equipo y darse cuenta cuando ocurre algo anormal.

3.3.1. CONDICIONES BÁSICAS PARA LOS OPERARIOS Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO

3.3.1.1. Aptitudes de los operarios

1. Entender claramente los criterios y ser capaz de juzgar si algo está normal o anormal. (Capacidad para determinar las condiciones en las que trabaja el equipo).
2. Cumplimiento estricto de las reglas de funcionamiento. (Capacidad de mantener el equipo en condiciones).
3. Una respuesta rápida a las anormalidades. (Capacidad de reparar y restablecer las condiciones del equipo).[3]

Cuando el operario halla adquirido dichas aptitudes, conocerá el equipo lo suficientemente bien para reconocer las causas de los futuros problemas y darse cuenta de que "esta máquina va a producir defectos", o "esta máquina está a punto de averiarse".

3.3.1.2. Habilidades que debe tener o adquirir el operador

1. Capacidad de detectar anormalidades y de realizar mejoras.
2. Capacidad de entender las funciones del equipo y sus mecanismos, así como la habilidad para detectar las causas de las anormalidades.

3. Capacidad para entender las relaciones entre el equipo y la calidad, capacidad para predecir problemas de calidad y detectar sus causas.[3]
4. Habilidad para realizar reparaciones.

Obviamente, nadie que domine todos estos conocimientos lo hace a un alto nivel, y no se espera que nadie lo haga rápidamente, en realidad cada conocimiento debe estudiarse y practicarse durante todo el tiempo que sea necesario para conseguir la maestría.[3]

3.3.1.3. La producción y el mantenimiento son inseparables

Actualmente, a menudo es conflictiva la relación entre los departamentos de producción y mantenimiento. Cuando para la producción debido a los fallos del equipo, los departamentos de producción se quejan amargamente: "Mantenimiento no hace bien su trabajo"; "Tarda demasiado tiempo en reparar el equipo"; o "Este equipo es tan anticuado, que no hay que maravillarse porque se averíe". Asimismo proclaman que están demasiado ocupados para hacer los vitales chequeos diarios.

Paralelamente, el departamento de mantenimiento critica al departamento de producción: "Preparamos los estándares, pero no hacen los chequeos"; o, "No lubrican las máquinas". El departamento de mantenimiento excusa sus propios fallos diciendo que tiene demasiadas reparaciones que hacer y le falta personal. Con estas actitudes en ambos lados, no hay modo de alcanzar el objetivo de un buen mantenimiento: detectar y tratar rápidamente las anomalías del equipo.[1]

Tradicionalmente el pensamiento habitual entre los operadores de las máquinas ha sido, "yo la manejo, tú la reparas", los operarios se consideraban solamente responsables de la producción y la calidad de la misma, veían todo el

mantenimiento, incluyendo el básico, como responsabilidad del departamento de mantenimiento, lo que no promueve que el equipo tenga un rendimiento optimo.[3]

Por su parte el departamento de mantenimiento debe descartar la idea de que su trabajo es solo hacer reparaciones. En vez de ello, debe concentrarse en medir y restaurar el deterioro de modo que los operarios puedan utilizar el equipo con confianza. Ambos departamentos deben definir claramente sus respectivas funciones y derribar las barreras entre ellos a través de la mutua confianza y apoyo. Deben integrar sus esfuerzos hasta que lleguen a ser como las dos caras de una moneda. Es la única forma de crear un lugar de trabajo libre de fallos y dificultades.[1]

Las consecuencias son tristes si pensamos en los operarios que pueden evitar averías simplemente observando las anormalidades a través del contacto físico con la máquina, usando un poco de tiempo apretando tornillos flojos, lubricando las partes secas y eliminando la suciedad, localizando suciedad en las superficies de rozamiento o la acumulación de suciedad o aceites en los finales de carrera. Todos estos hechos reducen la vida de los equipos. Todo esto es fácil de hacer, pero en pocas empresas se hace correctamente.[3]

3.3.1.4. Apoyo al Mantenimiento Autónomo

La guía y apoyo apropiados del departamento de mantenimiento son indispensables para establecer el Mantenimiento Autónomo y hacerlo una parte eficaz del programa de mantenimiento. Las tareas más importantes se pueden apreciar en el *Anexo 3.*

Sobre todo, el departamento de mantenimiento debe siempre pensar, planificar y actuar concertadamente con el departamento de producción en todo lo que concierne al mantenimiento del equipo.[1]

3.3.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES BÁSICAS DEL EQUIPO

Las actividades del Mantenimiento Autónomo se centran en la prevención del deterioro. Una parte importante de esto es establecer y mantener las condiciones básicas del equipo (a través de la limpieza, lubricación y apretado de pernos). De hecho esta es la actividad de mantenimiento básica. En el TPM, el orden básico del equipo se refiere a "establecer las condiciones básicas del equipo".

3.3.2.1. Deterioro del equipo

La causa de la mayoría de los fallos es el deterioro del equipo. Incluyendo el deterioro natural, función de la vida inherente del equipo, y del deterioro acelerado, que se produce cuando el equipo opera en un entorno nocivo, creado artificialmente. Como muestra la Figura 3-5, la clave para evitar los fallos y establecer las condiciones básicas del equipo, es evitar el deterioro acelerado. Incluye la limpieza (remover todas las trazas de polvo y suciedad y descubrir y erradicar los defectos ocultos), la lubricación (evitar el desgaste y quemaduras por fricción) y el apretado de pernos (evitar las disfunciones y averías asegurando tuercas y pernos).

En japonés la palabra fallo o avería, significa intencional y daño. Lo que se debe entender a partir de esto es que las máquinas no fallan por si solas, que es el personal quien ocasiona las averías, ya sea por omisión o actos deliberados. Por tanto,

lo primero que se tiene que establecer son las condiciones mínimas para mantener el equipo en funcionamiento (condiciones básicas).

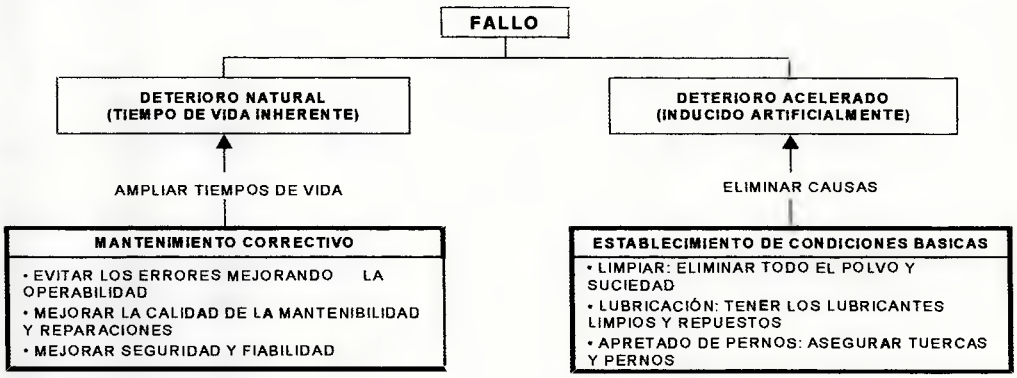


Figura 3-5. Establecer las condiciones básicas del equipo eliminando las causas del deterioro acelerado. [1]

3.3.2.2. La importancia de la limpieza

La limpieza consiste en remover todo el polvo, suciedad, grasa, aceite y otros contaminantes que se adhieren al equipo y accesorios, con la finalidad de descubrir los defectos ocultos. Esto es algo más que un ejercicio de cosmética. Son innumerables los efectos nocivos derivados del fallo en limpieza.

Efectos nocivos del sucio acumulado. (*Ver anexo 4*).

- Fallas
- Defectos de calidad
- Deterioro acelerado
- Pérdidas de velocidad

3.3.2.3. Puntos claves para la limpieza

En el TPM, la limpieza es una forma de inspección, su finalidad no es meramente limpiar, sino descubrir los defectos ocultos o anormalidades en las condiciones del equipo.

3.3.2.4. Puntos clave de inspección

No es fácil practicar el concepto la "limpieza es inspección". La habilidad para reconocer e identificar deficiencias sólo puede desarrollarse a través de una experiencia directa. La clave para detectar pequeñas deficiencias en las condiciones del equipo y otras anormalidades es formarse un cuadro mental de la condición ideal del equipo y tenerlo presente mientras se limpia.

Los chequeos diarios que los operarios realizan en sus áreas de trabajo son algo más que una formalidad. Aseguran que se detecten las anormalidades y que se traten tan pronto como es posible.

La verdadera inspección diaria significa estar alerta lo suficiente para identificar cualquier cosa fuera de lo ordinario, mientras se opera el equipo o se patrulla la planta, ser capaz de detectar e informar lo anormal. La comprensión de los estándares y listas de chequeo son sólo ayudas potencialmente útiles, no debe confiarse superlativamente en ellos como medios para evitar el deterioro.

Por tanto, la realización de chequeos diarios verdaderamente útiles, requiere estándares fáciles de entender y operarios altamente capacitados. En las tablas del *Anexo 5*, se ofrecen algunos ejemplos de puntos de chequeo que son útiles para preparar estándares y hojas de lecciones de punto único.[1]

Puntos clave de inspección	Puntos clave de limpieza
Limpiar el equipo regularmente como parte del trabajo diario.	Buscar defectos visibles e invisibles, tales como holguras, pequeñas o sutiles vibraciones, y ligeros sobrecalentamientos que solamente se descubren tocando.
Limpiar profundamente, remover todas las capas de suciedad y adherencias acumuladas durante años.	Buscar cuidadosamente poleas y correas desgastadas, cadenas de mando sucias, filtros de succión bloqueados, y otros problemas que probablemente conducirán a disfunciones.
Limpiar profundamente, remover todas las capas de suciedad y adherencias acumuladas durante años.	Observar si el equipo es fácil de limpiar, lubricar, inspeccionar, operar y ajustar. Identificar los obstáculos que impiden una inspección o una buena lubricación.
Limpiar elementos auxiliares y accesorios igual que las unidades principales, equipo de transporte, cajas de control y tanques de lubricantes (dentro y fuera).	Asegurar que los instrumentos de medida operen correctamente y estén claramente marcados con los valores especificados.
No dar por acabada la tarea cuando una pieza se ensucia inmediatamente de nuevo después de limpiarla. Por el contrario observar cuidadosamente en cuanto y de donde proviene el contaminante.	Investigar también problemas ocultos tales como la corrosión en el material aislante de tuberías, columnas y tanques, y las obstrucciones en el interior de canales y toberas.

Tabla 3-3. Puntos clave de inspección y limpieza.[1]

3.3.3. IMPLANTACIÓN DE LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Es muy difícil hacer varias cosas al mismo tiempo. Esta es la razón por la que el entrenamiento en tareas de Mantenimiento Autónomo necesita una aproximación paso a paso, asegurándose de que cada habilidad clave se conoce a fondo antes de pasar a la siguiente.[3] El enfoque de paso a paso delimita claramente las actividades de cada fase, facilitando la ejecución de auditorias regulares que dan fe de los avances hechos en cada paso, y da a los operarios un sentimiento de logro conforme avanza el programa.[1]

La Tabla 3-4 describe los pasos de la primera fase del Mantenimiento Autónomo, adaptados a las plantas industriales de procesos. Esta tabla incorpora la experiencia de muchas industrias de proceso que han implantado programas de Mantenimiento Autónomo.

La primera fase del Mantenimiento Autónomo, da prioridad a suprimir los elementos que causan el deterioro acelerado del equipo, prevenir y revertir el

deterioro, establecer y mantener las condiciones básicas en el equipo. Paralelamente el objetivo de esta fase es conseguir que los operarios se interesen y responsabilicen por sus equipos y ayudarles a liberarse de su auto-imagen como meros controladores del proceso de producir sin entender el funcionamiento y el mantenimiento.

Las actividades se realizan en equipos de operarios con el apoyo de recursos y la formación facilitada por el personal de mantenimiento, directivos de producción y personal de ingeniería.

Pasos	Actividades	Objetivos	Objetivos Humanos
1.Limpieza inicial.	▪ Eliminar el polvo y la suciedad del equipo. ▪ Descubrir irregularidades, tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles, y fuentes de defectos de calidad.	▪ Evitar el deterioro acelerado eliminando el entorno nocivo de polvo y suciedad. ▪ Establecer las condiciones básicas del equipo. ▪ Descubrir y repara los defectos ocultos.	▪ Estimular a los operarios a que toquen su equipo y se familiaricen con él, desarrollando un sentimiento de posesión y compromiso con el equipo, estimulando su curiosidad. ▪ Enseñar a las personas a reconocer los defectos y otras irregularidades.
2.Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.	▪ Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles.	▪ Incrementar la fiabilidad intrínseca del equipo, impidiendo la adhesión de polvo y suciedad y controlando su fuente. ▪ Incrementar la mantenibilidad mejorando la limpieza, inspección y lubricación.	▪ Enseñar la filosofía y práctica de mejora del equipo, empezando con proyectos en pequeña escala, fáciles de completar. ▪ Crear un ambiente y provocar ideas de mejora a través de las actividades de los grupos. ▪ Facilitar al personal la satisfacción y la emoción de participar en mejoras que tienen éxito.
3.Establecer estándares de limpieza, inspección y lubricación.	▪ Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimos tiempos y esfuerzos. ▪ Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.	▪ Sostener las tres condiciones básicas para mantener al equipo y prevenir su deterioro (limpieza, lubricación y apretado de pernos). ▪ Realizar inspecciones precisas por medio de controles visuales como placas de identificación y especificaciones de gamas de operación correcta (colocadas sobre equipos e indicadores).	▪ Asegurar que los operarios obedecen los estándares y, aprender su importancia (comprender qué es gestionar el lugar de trabajo) haciendo que los elaboren ellos mismos. ▪ Hacer que las personas entiendan la importancia de trabajo en equipo, estimulando sus aportes individuales.

Tabla 3-4. Primera fase del mantenimiento autónomo.[1]

Cada paso de la puesta en práctica del Mantenimiento Autónomo resalta especialmente diferentes actividades y metas de desarrollo, y cada una de ellas se apoya en la comprensión y práctica del paso anterior. El paso 1 (limpieza inicial), el paso 2 (eliminación de fuentes contaminantes y lugares inaccesibles), y el paso 3 (desarrollo de los estándares de limpieza, inspección y lubricación) promueven el establecimiento de las condiciones básicas del equipo que son esenciales para un mantenimiento eficaz.[3]

3.3.3.1. PASO 1: Limpieza inicial

En este primer paso, los grupos de operarios ponen en práctica el lema "limpieza es inspección" y lo confirman con su propia experiencia. El acto de tocar el equipo y moverse alrededor de él, ayuda a descubrir anormalidades. Se usan los cinco sentidos para descubrir holguras y vibraciones, desgastes, desalineaciones, desviaciones, ruidos extraños, calentamientos y fugas de aceite. En cualquier taller, esta limpieza da lugar a la detección de numerosas anormalidades y, muchas de ellas, causarán averías y defectos en el equipo y/o producto a no ser que se atiendan pronto.[3]

Con todo, a menudo la limpieza inicial tiene un arranque lento porque los muchos operarios no comprenden por qué deben hacerla, o creen que deben hacerla los de mantenimiento. Al comienzo son normales los ensayos y errores. Por eso, es importante que los directivos y técnicos de mantenimiento faciliten de forma paciente y prolongada, directrices prácticas y ayuden a los operarios.

A través de la práctica, los operarios van comprendiendo gradualmente los problemas que origina la contaminación y cómo lo hace. Empiezan a reconocer la

importancia de la limpieza como inspección, y resuelven mantener pulcro en el futuro su equipo, estimulándolos a su vez, de pensar modos de mejorar el equipo para limpiarlo fácilmente.

3.3.3.1.1. Las anormalidades o anomalías

Una anormalidad es una deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla o fisura: cualquier condición que pueda derivar en otros problemas. En la tabla del *Anexo 6*, se pueden observar algunas anormalidades y ejemplos de las mismas.

No puede esperarse que los operarios que practican por primera vez el Mantenimiento Autónomo, comprendan lo que es o no es una anormalidad o anomalía.

3.3.3.1.2. Desarrollar lecciones de punto único

Los operarios pueden aprender a reconocer anormalidades usando hojas especialmente preparadas con diagramas simples que ilustran un solo punto, por ejemplo, el uso correcto o incorrecto de tuercas y pernos, empleando estas hojas sistemáticamente en la enseñanza de los grupos de Mantenimiento Autónomo.[1] (*Ver Figura del Anexo 7*).

3.3.3.1.3. Señalar las anormalidades donde ocurren

Otra técnica es señalar el punto en el que se ha producido una anormalidad, utilizando una tarjeta que indica lo que se ha encontrado, quién lo encontró, y la naturaleza del problema. Esto permite a cada uno ver lo que sucede y participar en las actividades. Se emplean tarjetas identificadas con un color, para los problemas que puede resolver el operador por sí solo, y otro color para las que debe tratar el departamento de mantenimiento. La señalización de problemas es una llamada de

atención que involucra a todos en su solución, incluyendo al grupo de Mantenimiento Autónomo, supervisores, y personas del personal de mantenimiento.[1]

3.3.3.1.4. Buscar la fuente de contaminación

Si el equipo se ensucia después de la limpieza, buscar la fuente de contaminación. A veces, una fuente de suciedad o fuga de aceite no es visible a no ser que el equipo se limpie minuciosamente al menos una vez al día, y esta ardua tarea empujará por sí misma a los operadores a buscar la forma de reducir o eliminar la contaminación. Cuando comience a preguntarse por qué el equipo continua con fugas y de que modo pude evitarlo, se habrá sembrado la semilla de mejora.

En equipos y líneas de producción nuevas, la limpieza inicial hará muy poco para detectar anomalías ocultas. Pero incluso, aquí la limpieza es valiosa, puesto que enseña a los operarios a conocer la función de diferentes partes. En otras palabras, la limpieza inicial procura un mayor dominio de la serie de movimientos y procesos envueltos en el funcionamiento del equipo.[3]

3.3.3.2. PASO 2: Eliminar fuentes de contaminación y lugares inaccesibles

Durante el paso 1, los operarios utilizan sus manos y sus cinco sentidos físicos para realizar la limpieza inicial y detectar anormalidades. Durante el paso 2, usan su cabeza para crear mejoras.[1] Se hacen mejoras para eliminar la contaminación de fugas, lubricantes, aire, etc. [3]

Los operarios comienzan a pensar sobre los modos de controlar las fugas, derrames y otras fuentes de contaminación, intentan también conservar las condiciones básicas del equipo establecidas en el paso 1, pero esto les exige mucho tiempo y esfuerzo considerables. Se sienten incómodos con los lugares difíciles de

alcanzar y se sienten obligados a pensar sobre mejorar la accesibilidad. El objetivo del paso 2, es reducir el tiempo de limpieza, chequeo y lubricación introduciendo dos tipos de mejora.[1] (*Ver Figura 3-6*).

Prevenir fugas y derrames.	Mejorar la inaccesibilidad.
Prevenir fugas, derrames, o dispersión de : • Productos • Lubricantes • Fluidos Hidráulicos • Polvo • Vapor • Materiales del proceso	Mejorar la accesibilidad de lugares que son difíciles de: • Limpiar • Chequear • Lubricar • Apretar • Operar • Ajustar

Objetivo: Reducir el tiempo que toma limpiar, chequear y lubricar.

Figura 3-6. Objetivo para fuentes de contaminación y lugares inaccesibles.[1]

Los lugares de producción en las industrias de proceso suelen tener una amplia variedad de fuentes de contaminación, lo que a menudo tiene efectos perjudiciales para el equipo.

- El polvo hace difícil mantener los niveles de limpieza, causan el deterioro acelerado de correas, cadenas, ejes, rodamientos, etc.
- La grasa y las descargas de vapor estorban para el chequeo de pernos, tuercas, indicadores de niveles de aceite, etc.
- Las fugas de líquidos y vapor corroe las unidades de proceso, soportes y estructuras.
- La contaminación general deteriora el entorno de trabajo y la calidad del producto.[1]

Aunque son numerosos los efectos peligrosos de la contaminación, por diversas razones se hace muy poco sobre ello en muchas plantas. Muchos creen que es imposible impedir que escape polvo o vapor, de modo que no le prestan atención, o dicen que estas mejoras cuestan demasiado.

Sin embargo, desde el punto de vista de la mantenibilidad del equipo, la calidad, y el entorno, es inexcusable no controlar fugas, derrames, dispersión de polvo, vapores y líquidos corrosivos.

3.3.3.2.1. Mejorar la accesibilidad para reducir el tiempo de trabajo

Aunque se hallan realizado grandes mejoras, puede ser que el mantenimiento exija demasiado tiempo y esfuerzo, y sea inseguro. En tales casos el chequeo y la lubricación no perdurarán mucho tiempo. Las condiciones optimas no se logran verdaderamente hasta que el acceso para realizar las actividades de la limpieza, chequeos y lubricación es tan fácil que cualquiera pueda hacerlo con seguridad, rapidez y correctamente. En la tabla 3-5 se observan ciertas actividades de mejora.

ACTIVIDADES DE MEJORA	
Reducir los tiempos de limpieza	Preparar estándares provisionales, que permitan "de una ojeada" cómo eliminar los focos de contaminación, hacer más accesibles los lugares, o diseñar herramientas de limpieza más eficientes.
Reducir los tiempos de chequeo	Diseñar herramientas de inspección mejoradas; Instalar cubiertas que se suelten rápidamente; mejorar el posicionamiento y orientación de los anclajes; Crear espacio extra; facilitar plataformas donde los operarios puedan estar mientras chequean los puntos difíciles; etc.
Simplificar las tareas de lubricación	Reponer los indicadores de nivel de aceite, FRLs (conjunto de filtro-regulador-lubricador), entradas de lubricantes, etc.; Estandarizar los tipos de lubricantes; Mejorar los medios de lubricación manual; y tomar acción para que se contaminen las entradas de lubricantes

Tabla 3-5. Actividades de mejora.[1]

3.3.3.3. PASO 3: Establecer estándares de limpieza, inspección y lubricación

Para hacer todo esto, se debe decidir que partes del equipo necesitan limpieza diaria, que procedimientos hay utilizar, cómo inspeccionar el equipo, como juzgar anormalidades, etc. Con los estándares se ayuda a los grupos a realizar las tareas de limpieza con mayor confianza y habilidad.[3]

Muchas instalaciones de producción tienen excelentes estándares de inspección y listas de chequeo, auque los operarios no las usan. Se escuchan frases como: "Se nos han dado algunos estándares, pero realmente no sabemos por qué tenemos que hacer estos chequeos", "Realmente no comprendemos qué es lo que tenemos que chequear y cómo hacerlo", "Perdemos demasiado tiempo y no podemos dejar la producción", "Son complicados y tienen muchos puntos", "A mí me pagan por producir y no por limpiar".

Los estándares que el personal no cumple, probablemente se han establecido sin considerar quién tiene que seguirlos, o cómo y dónde hay que realizar los chequeos.

Durante el paso 1, los operarios hacen un gran esfuerzo limpiando su equipo, corrigiendo las pequeñas deficiencias, y estableciendo y manteniendo las condiciones básicas del equipo. Durante el paso 2, reducen el tiempo requerido pera estas tareas controlando las fuentes de contaminación y haciendo más accesibles las áreas a limpiar, inspeccionar y lubricar. Como resultado, los operarios se vuelven concientes de la necesidad e importancia de mantener su equipo en este nuevo estado, considerablemente mejorado. Durante el paso 3, con una guía apropiada para preparar estándares y establecer puntos de chequeo, el personal tendrá la motivación, habilidad

y oportunidad de formular estándares realistas para evitar el deterioro ejecutando chequeos diarios.[1]

Los estándares de limpieza, inspección y lubricación no se seguirán a menos que cada persona del grupo entienda teórica y prácticamente, para qué son tan importantes. [3]

3.3.3.3.1. Introducir extensivamente controles visuales

La clave para una realización consistente de las tareas de limpieza, chequeo y lubricación es que sean fáciles de ejecutar correctamente por cualquiera. Un modo eficaz de lograr esto es usar controles visuales. Estos medios se colocan directamente sobre el equipo a controlar e indican claramente las condiciones de operación, direcciones de rotación, y otras informaciones. Los siguientes se pueden usar y adaptarse para el tipo de producción:

- Marcar cada unidad de equipo con su nombre y código para una identificación inmediata.
- Poner marcas en tuercas y pernos indicando el nivel de apriete para simplificar el chequeo. *(Ver Figura del Anexo 8).*
- Señalar en instrumentos tales como indicadores de presión, indicadores de vacío, termómetros, amperímetros, etc., los rangos aceptables para facilitar una operación correcta. *(Ver Figura del Anexo 8).*
- Indicar los niveles de lubricantes, tipos y cantidades para mejorar la mantenibilidad. *(Ver Figura del Anexo 8).*
- Etiquetar las cubiertas de mecanismos tales como las correas en V, cadenas y acoplamientos con sus direcciones de rotación y especificaciones para mejorar la mantenibilidad y simplificar el chequeo. *(Ver Figura del Anexo 8).*
- Etiquetar los tubos con su dirección de flujo y contenidos para mejorar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad. *(Ver Anexo 8)*

- Poner indicadores "on-off" en válvulas y conmutadores eléctricos para mejorar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad.[1]

3.3.4. PREPARACIÓN DE UN PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Los planes maestros son una herramienta clave para que el Mantenimiento Autónomo cumpla sus objetivos, programar todas las actividades en periodos de tiempo definidos garantizan de una forma ordenada y lógica el cumplimiento de los mismos.

Los objetivos y actividades principales del Mantenimiento Autónomo son los mismos en cualquier fábrica: Cambiar la mentalidad del personal y hábitos de trabajo usando el equipo como herramienta de instrucción; aproximar el equipo a su rendimiento óptimo restaurando y controlando sistemáticamente el deterioro y corrigiendo las anomalías.[1]

Para maximizar la eficiencia y eliminar los fallos, un programa de Mantenimiento Autónomo debe ser profundo y continuo para que no termine como un ejercicio de cosmética.

Para asegurar que el programa de Mantenimiento autónomo sea al mismo tiempo profundo y sostenido en plantas con grandes cantidades de equipos, los planificadores deben priorizar las actividades con base en una cuidadosa evaluación de equipos o de líneas de producción. Deben también determinar los modos de introducir y desplegar las actividades de Mantenimiento Autónomo de forma de que se asegure la comprensión y el nivel de capacitación deseado.

Para seleccionar el equipo o línea prioritario, se determinan precisamente los elementos de evaluación, y se formulan criterios para cada elemento y el grado de importancia de cada criterio (A, B o C). La tabla del *Anexo 9*, ofrece algunos elementos de evaluación. Cada empresa individualmente debe establecer los criterios que se ajusten a las características de sus plantas y procesos.[1]

Cuando se introduce por primera vez el Mantenimiento Autónomo a una empresa, se suele seleccionar una unidad o línea de producción para usarla como modelo (lo que el TPM denomina "equipo modelo"). **Como primer objetivo, el equipo modelo se propone a superar los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo** mencionados en la Tabla 7-4. El objetivo es enseñar los tres primeros pasos a través de la persistente repetición de actividades y auditorias. Luego de que se haya adquirido experiencia, se procede con las otras áreas de la instalación.[1]

3.3.5. AUDITORIAS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El desarrollo en dos fases (pasos 1, 2 y 3) de un programa de Mantenimiento Autónomo, tal como se ha descrito, tiene dos ventajas que hace esencialmente eficaz el programa:

- Las actividades producen resultados concretos conforme se van implantando.
- Se evalúan y confirman los resultados como parte del programa.

El factor singular más importante para el éxito del Mantenimiento Autónomo es realizar una cuidadosa auditoria al completar cada paso para completar cada paso para confirmar los resultados y apuntar la dirección para el trabajo adicional.

3.4. TEORÍA DE SISTEMA

"Un sistema es cualquier conjunto de componentes interdependientes y correlacionados que satisfaga un propósito, es decir, desempeñe una función, mediante la transformación de entradas en salidas, al tiempo que logra o intenta lograr una o más metas u objetivos". Esta es una de las tantas definiciones de sistema que se manejan en la actualidad. Diferentes autores le agregan detalles según las características de su especialidad, ya sean químicos, de computación, de información, de mantenimiento, etc.

Los componentes principales de un sistema son:

a) El propósito
b) Las entradas en el proceso y las salidas
c) El proceso realizado
d) Cualesquiera instalaciones y equipos necesarios
e) El personal necesario para operarlo
f) La información e instrucciones necesarias para su operación
g) El ambiente dentro del sistema

Desde un punto de vista más amplio, los sistemas tienen las siguientes características:

a) Todo es un sistema
b) Cada sistema está compuesto de sistemas menores
c) Cada sistema está asociado con sistemas paralelos
d) Cada sistema es parte de, por lo menos, un sistema más grande
e) Cada sistema es parte de, por lo menos, una jerarquía de sistemas[4]

Según la teoría de sistemas de dirección, un sistema es un proceso de personas que interactúan aplicando recursos para alcanzar objetivos. El diseño de un sistema de dirección debe concentrarse fundamentalmente en el factor humano, dejando en un

segundo plano a los equipos y su funcionamiento o nivel de tecnología. La base de este criterio de diseño es que las máquinas, los equipos, el dinero, los materiales y los edificios no cobran vida hasta el momento en que aparecen los seres humanos. La dirección que tienen las cosas, no son más que la consecuencia de la dirección del esfuerzo humano.

El personal interactúa con un material que puede ser organizado de forma tal que facilita el proceso y aumenta el interés del usuario, o que, por el contrario, impida todo esfuerzo realizado y genere un carácter de oposición. Cuando a las personas se le dificulta alcanzar los objetivos que han sido propuestos, tienden a culpar al sistema. Los esfuerzos por corregir el sistema corresponden exclusivamente al diseñador del mismo.

Ante las acusaciones del mal funcionamiento del sistema por parte de los usuarios, el diseñador se escuda diciendo que el usuario maltrata el sistema y que esa es la causa de todas las fallas. En otras palabras, las fallas del sistemas son en realidad fallos humanos. Lo cierto es que los sistemas que operan efectivamente funcionan como una extensión del hombre y no el hombre como un apéndice del sistema; en consecuencia, el papel del diseñador es el de facilitar el proceso humano dentro de su sistema, además de verificar que el usuario está adecuadamente capacitado para administrarlo. Pero no toda la responsabilidad recae sobre el diseñador, el usuario está en la obligación de participar activamente durante el proceso, para asegurar la eficacia del sistema diseñado.[5]

3.5. LA ESTRUCTURA DE LAS PÉRDIDAS

Para distinguir y cuantificar las pérdidas que disminuyen la eficiencia, es útil identificar la estructura de las pérdidas que ocurren en una planta o en los equipos. La *Figura 3-7* , describe la estructura de las ocho pérdidas mayores y muestra la fórmula para calcular la eficacia global del equipo desde la perspectiva del tiempo.

Tiempo de calendario: es el número de horas del calendario.

365 x 24 = 8.760 horas/año.

30 x 24 = 720 horas/mes de 30 días.

Tiempo de trabajo: Es el numero de horas que se espera que una planta o el equipo esté operando en un mes o en un año. Se le resta al tiempo de calendario las horas destinadas de paradas planificadas (mantenimiento, producción, etc.).

Tiempo de operación: es el tiempo durante el cual opera la planta o el equipo. Se le resta al tiempo de trabajo el tiempo que se pierde por las paradas de fallos de equipos o de los procesos.

Tiempo neto de operación: Es el tiempo durante el cual se produce a la tasa de producción estándar. Se le resta del tiempo de operación el tiempo equivalente a las pérdidas de rendimiento (normales y anormales).

Tiempo de operación válido: Es el tiempo durante el cual el equipo produce productos aceptables. Hay que sumar el tiempo desperdiciado reprocesando y produciendo productos rechazables. El resultado se resta del tiempo de operación neto.

Disponibilidad: Es el tiempo de operación expresado como porcentaje.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{T. calendario} - (\text{t. paradas programadas} + \text{t. fallos de equipos o procesos}) \times 100\ \%}{\text{Tiempo de calendario}}$$

Tasa de Rendimiento: La tasa de producción como porcentaje de la tasa de producción estándar. Es equivalente a la capacidad de diseño del equipo, puede expresarse en producción por horas o por días.

$$\text{Tasa de Rendimiento} = \frac{\text{Tasa de producción real media (t/h)}}{\text{Tasa de producción estándar (t/h)}} \times 100\% = D/C \times 100\%$$

$$\text{Tasa de producción real media} = \frac{\text{Tasa de producción real (t/h)}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Tasa de calidad : expresa la cantidad de producto aceptable (producción total menos producto de graduación baja, desecho y producto reprocesado expresada como un porcentaje de la producción total).

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Calidad de producción (t)} - \text{(pérdidas de calidad + pérdidas de reproceso) (t)}}{\text{Cantidad de producción (t)}} = E/C \times 100\%$$

Eficiencia global del equipo: Es el producto de la disponibilidad, la tasa de rendimiento, y la tasa de calidad. Es un indicador global de la condición de una planta que toma en cuenta el tiempo de operación, el rendimiento, y la calidad.[1]

EGE ó ETE = disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa de calidad

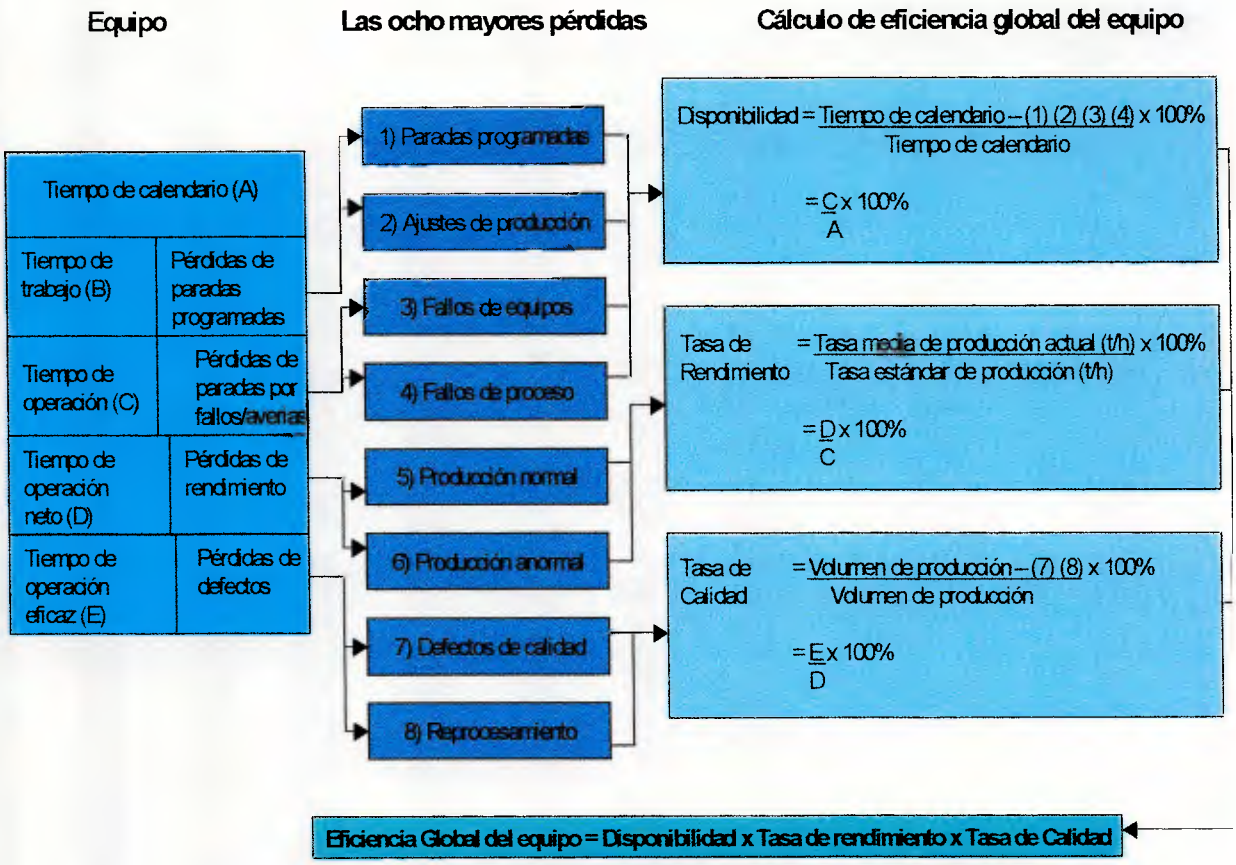


Figura 3-7. Eficiencia Global del Equipo y Estructura de pérdidas.[1]

4. SECCIÓN DE DESARROLLO

4.1. ANTECEDENTES

Las primeras incursiones de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Vencemos, se efectuaron en el frente de Transportes Caura de Catia La Mar y en las oficinas del Terminal de cemento de Catia La Mar. En las oficinas se aplicaron las Técnicas del Orden (5'S) en toda su expresión, arrojando buenos resultados a medida de que se superaba cada una de las técnicas.

La estrategia era hacerle ver al personal administrativo y directivos del Terminal que tan eficientes eran dichas técnicas, como cambiaba el lugar de trabajo, el gran numero de objetos que no se utilizaban, etc. Lo cual cumplió sus objetivos, ya que se decidió incorporar estas técnicas y otras partes del TPM a los procesos productivos del Terminal.

Señalizar los diferentes Breakers de los equipos de las oficinas (aire acondicionado, computadoras,etc.)

Todos los muebles, aparatos, equipos y otros elementos que ocupan una posición fija, se demarcan, con cinta adhesiva, por si despues se quieren mover de posición.

Solo se deja en las gavetas las cosas que en realidad se utilicen con frecuencia y se les hace una forma con goma espuma.

Figuras 4-1 y 4-2. Antecedentes.

4.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE DESPACHO A GRANEL

4.2.1. ACTIVIDADES DE LOS CAMIONES CISTERNAS DENTRO DEL TERMINAL

Los camiones cisternas son pesados (Tara) en una romana (capacidad máx. 100 ton) al entrar en el Terminal, también aquí se les colocan los precintos de seguridad en las válvulas de descarga de material de la cisterna. Luego el camión pasa al anden de despacho a granel en donde es colocado justo debajo del cono de descarga para comenzar a llenar. Cada cisterna tiene por lo general tres compuertas de entrada de material, cuando el cemento llega hasta la parte superior del tanque, se activan por medio de un presostato las válvulas de cierre de material, después que culmina el proceso, son cerradas las tapas de la cisterna y se les colocan otros precintos de seguridad*. Luego el camión pasa a una segunda romana (Destara) y por diferencia se saben las toneladas exactas que cargó, al chofer se le entrega la factura que certifica dicha carga.

4.2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CARGA A GRANEL

El terminal de cemento cuenta con 6 silos de almacenamiento, cada uno con cuatro salidas que se comunican con cuatro transportadores helicoidales que están divididos en dos grupos, uno frente del otro.

La extracción de cemento de los silos de almacenamiento se realiza a través de unos ductos (cada silo posee cuatro salidas con compuertas tipo guillotina que se

---

* Estos precintos de seguridad son para que los clientes tengan garantía de que el camión salió de planta con una inspección, y el chofer le entrega la factura que identifica la cantidad exacta de cemento.

abren manualmente) en la parte inferior de los mismos. Por medio de gravedad e inyección de aire se crea una presión para que el cemento fluya constantemente. Estas salidas se comunican con los transportadores helicoidales (Roscas) como se dijo anteriormente. La disposición de los transportadores con respecto a los silos es bastante versátil, ya que se puede trabajar indiferentemente con cualquier silo para el despacho a granel o para despachar sacos. Generalmente se trabaja con los silos 4, 5 y 6 para el despacho a granel. Las roscas llevan el cemento a una rosca transversal o rosca de alimentación del elevador de cangilones (Elevador marca REX), este eleva el cemento a unos 25 m de altura para descargarlo en un aerodeslizador a una tasa de 237 ton/hora, este transporta el cemento una distancia de 70 m con una inclinación de 7 a 11% aproximadamente y a una tasa de 300 Tm/hora, este lo descarga en una tolva de almacenamiento temporal de aproximadamente 70 Tm. en un tiempo de 15 a 20 minutos. A esta tolva se le sopla aire para crear la presión necesaria. La tolva posee dos salidas las cuales están controladas por una batería de guillotinas, válvulas rotativas y aerodeslizadores (mini-slider); las últimas guillotinas controlan el cemento que pasa a unos tubos o ductos de descarga, sobre los cuales se encuentran los vibradores que hacen que se descargue hasta la última porción de material; luego de los ductos de descarga están los conos de salida, que se conectan a las bocas de entrada de los tanques de los camiones cisternas (las cisternas poseen una capacidad máxima de 30 Tm en promedio). Este proceso de carga tarda 20 min/cisterna en promedio y se pueden cargar dos cisternas simultáneamente, ya que el sistema posee dos salidas de producto y dos operadores. Cabe destacar que el proceso de despacho a granel posee una gran instalación de tuberías de aire comprimido, el cual es el

encargado de generar la presión para los cilindros neumáticos de las guillotinas de paso de cemento en las salidas de la tolva temporal, al igual que activar válvulas de parada de llenado automático. Este aire es generado por dos (2) compresores INGERSOLL RAND de 1250 psi y 209 cfm c/u.

Se despachan 750 Tm/día en promedio, es decir, 22.500 Tm/mensuales.

El mantenimiento que posee actualmente la línea, es por lo general Mantenimiento Correctivo, debido a que no existe ningún tipo de plan de mantenimiento preventivo o planificado.

La línea posee una tasa de fallas moderada, es decir, las paradas no programadas de la misma son pocas en comparación con las horas que esta está operativa. Aunque la línea es relativamente antigua, posee equipos de muy alta calidad, a lo que se le puede atribuir este hecho.

Por ser la línea de mayor volumen de producción e importancia para el terminal, ya que el mismo es el encargado del abastecimiento de cemento de toda la zona centro del país***, que representa el 80% de las ventas, debe estar en óptimas condiciones y con una alta tasa de confiabilidad. *Ver Figura 4-3.*

4.2.2.1. Actividades del proceso de carga a granel

Las actividades que realiza el operador encargado del despacho a granel se presentan en el flujograma de la *Figura 4-4.*

*** Para Cemex Venezuela, la zona centro está comprendida por el DF. y los estados Vargas, Carabobo, Aragua, Miranda y Guarico.

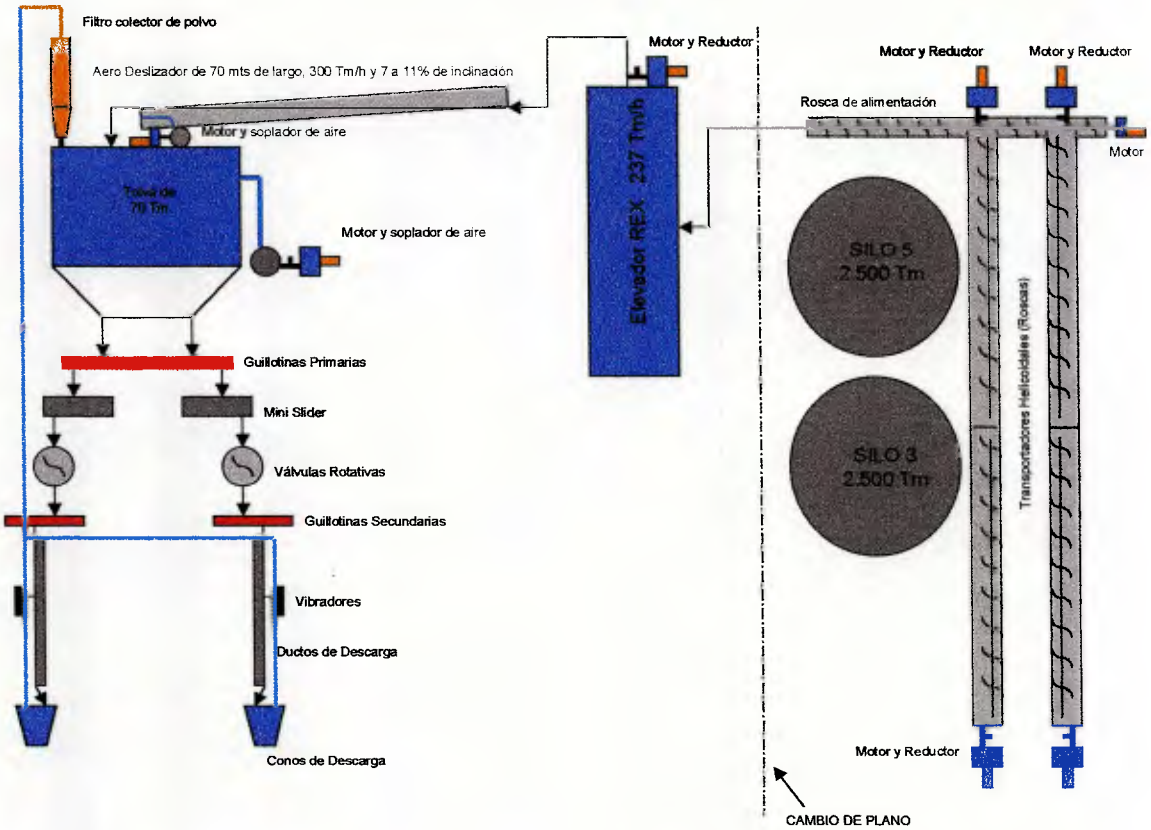


Figura 4-3. Diagrama del proceso de despacho de cemento a granel.

4.2.2.2. Producción de la línea de granel

El sistema de producción de la línea de despacho a granel es activado desde el primer momento en que arrancan las actividades del Terminal a primera hora del día, que por lo general es a las 7 am. Este sistema permanece activado y disponible hasta las 8 pm. aproximadamente, hora en la cual se dan por terminadas las actividades del Terminal. Sin embargo, el funcionamiento real del sistema de granel está limitado al tiempo de carga de los camiones cisternas que son despachados por el terminal. El número promedio de camiones cisternas que son despachados diariamente es de 26 (*Ver Tabla 8-1)*, con un tiempo promedio de 20 min/cisterna y una capacidad media de 26,71 Tm/cisterna. El número de camiones que es despachado diariamente,

Operaciones que realiza el operador cuando se despacha cemento a granel.

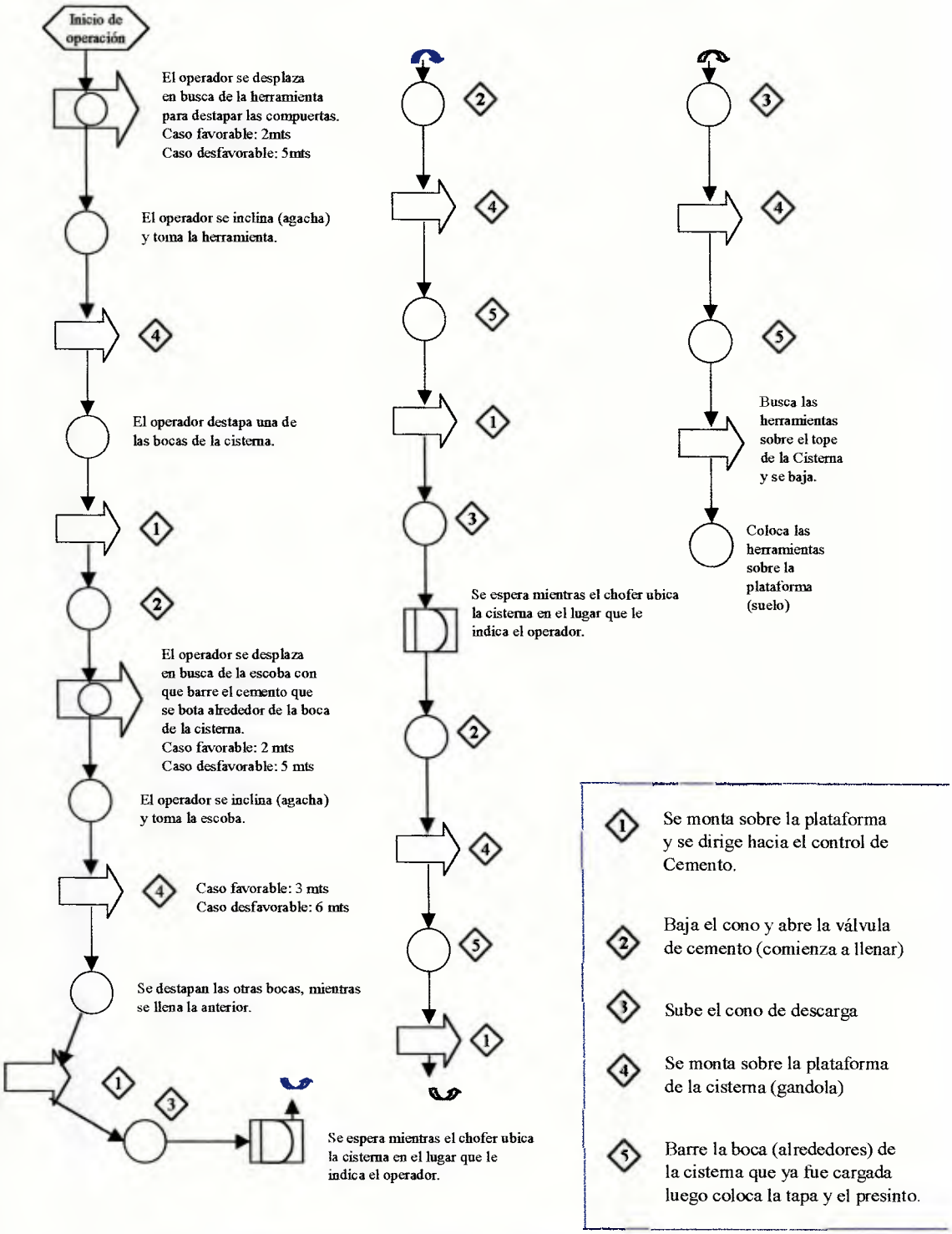


Figura 4-4. Flujograma de actividades del operario del despacho a granel.

FECHA	CARGA TOTAL (Tm)	CARGA/CISTERNA (Tm)	CAMIONES
23-5-00	739.62	27.39	27
22-5-00	635.88	26.5	24
19-5-00	629.57	26.23	24
18-5-00	716.03	26.52	27
17-5-00	853.66	26.92	32
16-5-00	788.15	27.18	29
15-5-00	678.86	27.15	25
13-5-00	406.65	27.11	15
12-5-00	640.6	26.78	24
11-5-00	594.58	27.03	22
10-5-00	631.84	27.47	23
9-5-00	721.72	25.78	28
8-5-00	781.09	26.93	29
6-7-00	596.07	27.09	22
5-5-00	805.96	27.32	30
4-5-00	784.68	27.06	29
3-5-00	595.6	25.9	23
2-5-00	518.84	25.94	20
11-4-00	631.17	25.25	25
6-4-00	780.76	26.03	30
5-4-00	979.52	27.28	36
PROMEDIO	690.99	26.71	26

Tabla 4-1. Informe de despacho de camiones cisternas del Departamento de Romana.

26 camiones/día, multiplicado por el tiempo de carga de las cisternas, 20 min/cisterna, da como resultado el tiempo de funcionamiento real de producción de la línea de granel, que es igual a 540 min/día, es decir, 9 horas de producción por jornada, la cual es de 12 horas. En conclusión hay, en promedio, 3 horas del día en las cuales no se está realizando ninguna actividad que agregue valor al proceso, en otras palabras, son 3 horas de desperdicio.

4.2.3. INVENTARIO DE LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE DESPACHO A GRANEL

El inventario de los equipos de la línea de despacho a granel se presenta en las siguientes tablas:

EQUIPO	ELEMENTO	CANTIDAD
Rosca de alimentación	Motor eléctrico CA	1
	Reductor	1
	Poleas	2
	Correas	2
	Tornillo helicordal	1
	Chumaceras (SNH)	2
	Chumacera (Tipo flange)	1
	Control de alto nivel	1
Elevador Rex	Motor eléctrico CA	1
	Acople	1
	Reductor	1
	Piñones	2
	Cadena	1
	Chumaceras (SNH)	2
	Elevador de canjilones	1
Aerodeslizador	Motores eléctricos CA	2
	Ventilador	2

Tabla 4-2. Inventario de los equipos de la Zona 1 de Granel.

EQUIPO	ELEMENTO	CANTIDAD
Filtro soplador	Motor eléctrico CA	1
	Poleas	2
	Correas	3
	Chumaceras	2
	Ventilador	1
Filtro – válvula esclusa	Motoreductor	1
	Cadena de rodillos	1
Tolva – soplador	Motor eléctrico CA	1
	Poleas	2
	Correas	2
	Soplador	1
Tolva baterías de llenado	Motoreductor	2
	Cilindro pistón	2
	FRL	1
	Control de presión	2
	Motor eléctrico CA	2

Tabla 4-3. Inventario de los equipos de las Zonas 2 y 3 de Granel.

4.2.3.1. Diagnóstico

Siguiendo los inventarios de las Tablas 4-2 y 4-3 se hizo una evaluación a todos los equipos y elementos para obtener un diagnóstico de la situación actual de la

línea de despacho a granel. El estado de los equipos de la línea se puede resumir en: presencia de mucha suciedad y óxido en piezas y equipos; equipos dañados y piezas faltantes; vibraciones, ruidos y temperaturas fuera de lo normal; fugas de aire, aceite y del producto transportado; correas y mangueras estiradas y agrietadas; y por último, equipos y piezas ubicados en lugares de difícil acceso. *Ver Anexo 10.*

El resultado obtenido de la evaluación de la línea demuestra la falta de actividades de limpieza e inspección a todo lo largo del sistema de despacho a granel, además de la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado para asegurar el buen funcionamiento de la línea. Esto trae como consecuencia un gran número de fallas que se traducen en paradas no programadas.

La situación actual de la línea de despacho a granel combinada con la falta de mantenimiento, limpieza e inspección, influye negativamente en la Disponibilidad, Rendimiento y Calidad de operación del sistema, lo cual se traduce en una Eficiencia Total de los Equipos (ETE) muy por debajo de lo esperado.

4.3. OPCIÓN DE MEJORA

Una vez analizada la situación actual de la línea de despacho a granel y en la búsqueda por mejorar y aumentar la Eficiencia Total de los Equipos (ETE), se decide adoptar la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM). La implantación del TPM se inicia con la aplicación de las Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo.

4.3.1. JUSTIFICACIÓN

La inversión que se realiza al implantar el sistema se justifica, en primer lugar, porque establece una política de mantenimiento, carencia de la mayoría de las

empresas de Venezuela; en segundo lugar, reduce los costos de mantenimiento al mismo tiempo que disminuye el número de fallas y paradas no programadas, asegurando así, las operabilidad de los equipos, factor de suma importancia debido al costo de oportunidad y las pérdidas en las ventas que representa la parada de una de las líneas de producción.

4.4. RESULTADOS

4.4.1. SISTEMA PARA APLICAR LAS TÉCNICAS DEL ORDEN (5´S) Y LA PRIMERA FASE DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (*VER MANUAL ANEXO**).

4.4.2. RESULTADOS PRELIMINARES DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA

A través de la implantación del sistema, y a pesar del poco tiempo transcurrido desde su inicio, se han obtenido resultados que indican la dirección que ha tomado este proceso en el área de despacho a granel del Terminal de CLM.

4.4.2.1. Reporte y resolución de anomalías. Creación de Estándares

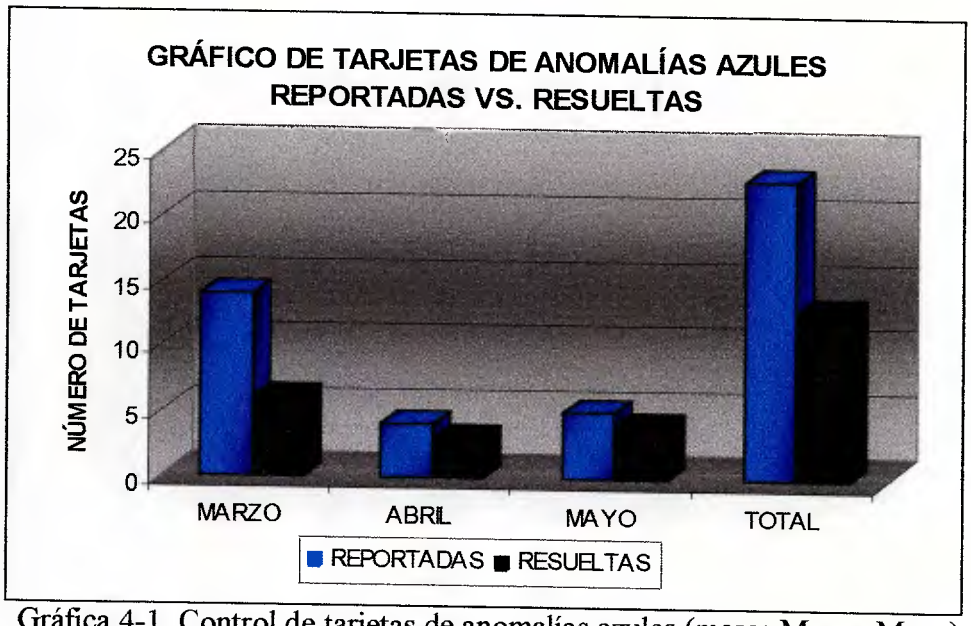
Mediante la colocación de tarjetas por parte de los operadores se reportan las anomalías y se programa su resolución. Para esto se han diseñado formatos para registrar las actividades que están por resolver y para medir la respuesta y el desempeño de los grupos autónomos y de mantenimiento. *Ver Figuras 4-5, 4-6 y 4-7, Tablas 4-4, y Gráficas 4-1, 4-2 y 4-3.*

* "Sistema para aplicar las Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo". Realizado por los Bachilleres Delfín Mendoza y Gustavo Díaz.

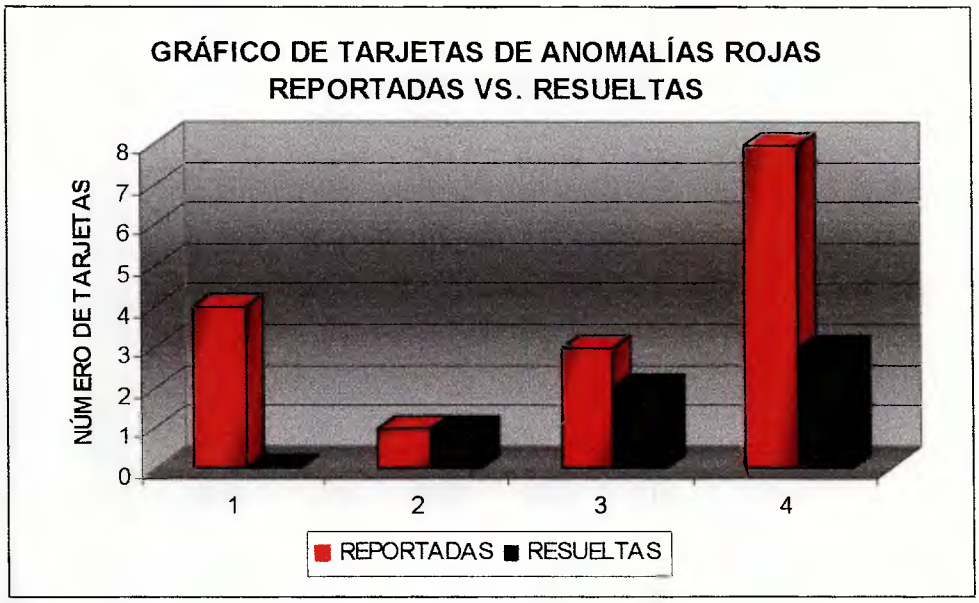
Además de los formatos mencionados, se introducen los estándares iniciales, los cuales dirigen las rutinas de limpieza, inspección y lubricación. *Ver Figuras 4-8.*

TARJETAS	AZULES			ROJAS		
	REPORTADAS	RESUELTAS	%	REPORTADAS	RESUELTAS	%
MARZO	14	6	42.86	4	0	0.00
ABRIL	4	3	75.00	1	1	100.00
MAYO	5	4	80.00	3	2	66.67
TOTAL	23	13	56.52	8	3	37.50

Tabla 4-4. Control de tarjetas de anomalías (meses Marzo-Mayo).



Gráfica 4-1. Control de tarjetas de anomalías azules (meses Marzo-Mayo).



Gráfica 4-2. Control de tarjetas de anomalías azules (meses Marzo-Mayo).

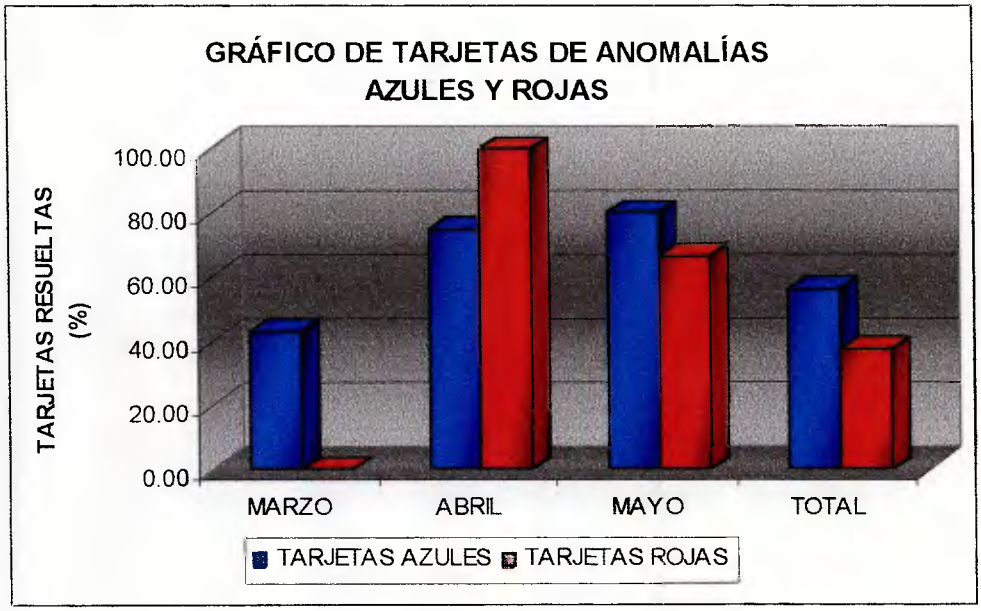


Gráfico 4-3. Control de tarjetas de anomalías.

Figura 4-5. Control de reporte, planificación y resolución de tarjetas azules

C.A. VENCEMOS
TERMINAL DE CATIA LA MAR
SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO
REPORTE DE ANOMALÍAS AZULES

Planta / Fábrica: Terminal de Catia La Mar
Fecha: 30 de Marzo de 2000

Grupo Autónomo: Granel (Los Maita)
Máquina / Equipo / Sistema: Línea de Granel

	No.	FECHA COLOCADA	COLOCADA POR	SECTOR-SISTEMA	PIEZA	DESCRIPCIÓN O ANOMALIA	AVANCE	RESUELTO POR	FECHA DE SOLUCION
1	01	29/3/00	Hernán Rodríguez	Primer Piso Cono #2	Guaya del cono	Cambiar guaya	●	Hernán Rodríguez	31/3/00
2	03	29/3/00	Hernán Rodríguez	Primer Piso Cono #1	Manga del cono	Cambiar manga	●	A. Hernández H. Rodríguez	11/5/00
3	05	29/3/00	Hernán Rodríguez	Primer Piso	Manguera de succión de polvo	Cambiar las 2 mangueras de succión de polvo	●	H. Rodríguez A. Hernández	11/5/00
4	04	14/4/00	Alexander Castillo	Tercer Piso	Manga de descarga	Cambiar manga	⊕		
5	06	5/5/00	Pedro Rodríguez	Tercer Piso	Soplador de tolva	Presenta sobrecalentamiento	⊕		
6	09	5/5/00	Pedro Rodríguez	Aerodeslizador	Tapa inferior	Fuga de aire	◕		
7	10	5/5/00	Pedro Rodríguez	Recolector de polvo	Motor	Presenta sobrecalentamiento	●	Reunión Grupo Autónomo	11/5/00
8	11	5/5/00	Pedro Rodríguez	Cono rápido	Cilindro	Fuga de aire por el eje	⊕		
9	12	5/5/00	Hernán Rodríguez	Válvulas Dosificadora	Válvula	Falta un perno y se fuga el cemento	●	Hernán Rodríguez	5/5/00
10	13	26/4/00	Hernán Rodríguez	Tope dc tolva	Motor del filtro	Correa del filtro rota	●	N. González H. Rodríguez	24/4/00
11	16	26/4/00	Hernán Rodríguez	Primer Piso	Iluminación	Reparar las luces del lenadero	●	N. González H. Rodríguez	24/4/00
12	14	14/4/00	Alexander Castillo	Tercer Piso	Manga de descarga	Cambiar manga de descarga	⊕		

ANALIZADA ⊕ PLANIFICADA (BÚSQUEDA DE MATERIALES) ◕ EN EJECUCION ◕ RESUELTA ●

REALIZADA POR: Brs. Delfín Mendoza y Gustavo Díaz

SUPERVISADO POR: Ing. Luis Ordaz

Figura 4-6. Control de reporte, planificación y resolución de tarjetas rojas

C.A. VENCEMOS
TERMINAL DE CATIA LA MAR
SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO
REPORTE DE ANOMALÍAS ROJAS

Planta / Fábrica: Terminal de Catia La Mar
Fecha: 22 de Marzo de 2000

Grupo Autónomo: Granel (Los Maita)
Máquina / Equipo / Sistema: Línea de Granel

	No.	FECHA COLOCADA	COLOCADA POR	SECTOR-SISTEMA	PIEZA	DESCRIPCIÓN O ANOMALIA	AVANCE	RESUELTO POR	FECHA DE SOLUCION
1	16	16/3/00	Luis Da Costa	Válvula Dosificadora	Tubería de aire comprimido	Colocar tubería auxiliar y cambiar manómetro	◕		
2	02	16/3/00	Ramón de Pablos	Válvula Dosificadora	Brazo neumático #2	Fuga de aire en el bástago	◕		
3	01	16/3/00	Hernán Rodríguez	Segundo Piso	Iluminación	Reparación de todo el sistema de iluminación	◕		
4	03	16/3/00	Alejandro Hernández	Primer Piso	Polea (argolla)	Cambiar la argolla del cono #1	◕		
5	04	5/5/00	Pedro Rodríguez	Elevador Rex	Chumacera	Ruidos y fugas de cemento	◕		
6	07	2/5/00	Alejandro Hernández	Válvulas Tercer Piso	Manga del cono rápido	Cambiar la manga (rota)	●	Alexander Castillo	5/5/00
7	08	27/4/00	Hernán Rodríguez	Tope de Tolva	Motor, chumacera, eje	Necesita reparación	●	Nelson González	27/4/00
8	54	24/5/00	Alexander Castillo	Granel	Motor del filtro	Chumacera superior presenta vibración	●	Alexander Castillo	25/5/00
9							⊕		
10							⊕		
11							⊕		
12							⊕		

ANALIZADA ⊕ PLANIFICADA (BUSQUEDA DE MATERIALES) ◕ EN EJECUCIÓN ◕ RESUELTA ●

REALIZADA POR: Brs. Delfín Mendoza y Gustavo Díaz

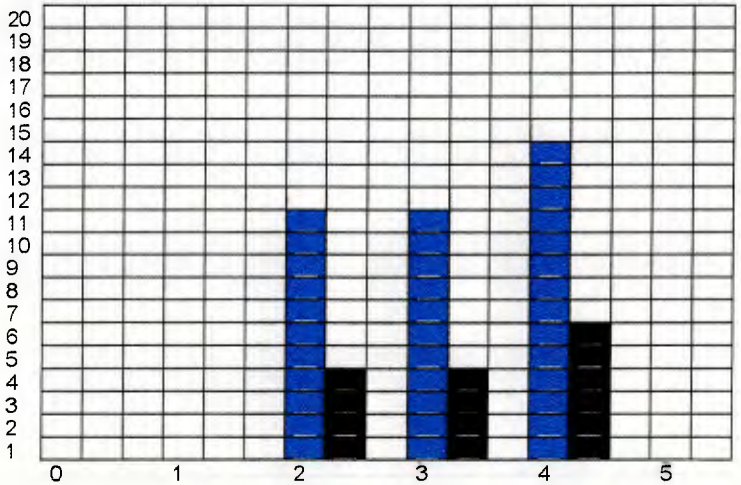
SUPERVISADO POR: Ing. Luis Ordaz

Figura 4-7. Control de tarjetas colocadas y resueltas durante el mes de Marzo.

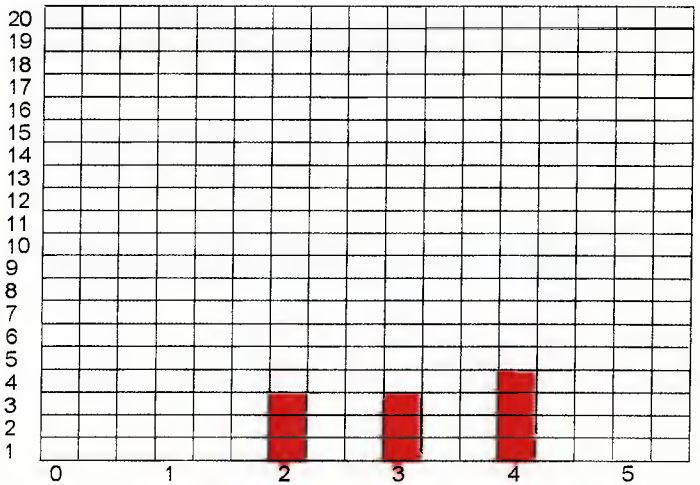
C.A. VENCEMOS
TERMINAL DE CATIA LA MAR
SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO
CONTROL DE TARJETAS DE ANOMALÍAS

Planta / Fábrica: TERMINAL CATIA LA MAR
Fecha: MES DE MARZO

Grupo Autónomo: GRANEL (LOS MAITA)
Máquina / Equipo / Sistema: LÍNEA DE GRANEL



TARJETAS AZULES VS. SEMANAS DEL MES



TARJETAS ROJAS VS. SEMANAS DEL MES

Colocadas
Resueltas

Colocadas
Resueltas

Realizado por: Gustavo Díaz y Delfin Mendoza

Supervisado por: Luis Ordaz

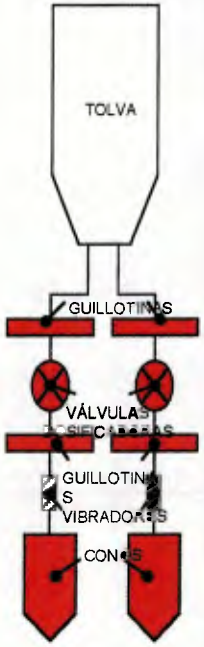
Figura 4-8. Estándar inicial del sistema de granel zona 3

C.A. VENCEMOS
TERMINAL DE CATIA LA MAR
SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO
RUTAS DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN

VENCEMOS CATIA LA MAR

VENCEMOS

Grupo Autónomo: Granel "Los Maita" | Sistema/Línea: Despacho a Granel | Área: Zona 3



No	EQUIPO	PIEZA	MÉTODO	HERRAMIENTA	TIEMPO	RESPONSABLE	RUTINA	CONTROL
1	1. Válvulas	1.1. Carcaza motor	Limpieza		14:46	H. Rodríguez	Semanal	
2			Inspección		0:20	H. Rodríguez	Semanal	
3		1.2. Brazo neumático	Limpieza		1:45	H. Rodríguez	Semanal	
4		1.3. Carreras de válvulas	Limpieza		10:00	H. Rodríguez	Semanal	
5		1.4. Manómetros	Limpieza		3:00	H. Rodríguez	Semanal	
6			Inspección		0:30	H. Rodríguez	Semanal	
7	2. Panel de Control	2.1. Panel de control	Limpieza		7:00	H. Rodríguez	2 semanas	
8		2.2. Conos (mangas)	Limpieza		20:00	H. Rodríguez	2 semanas	
9			Inspección		2:00	H. Rodríguez	2 semanas	
10		2.3. Manómetros	Limpieza		2:00	H. Rodríguez	2 semanas	
11			Inspección		0:30	H. Rodríguez	2 semanas	
12		2.4. Guayas	Limpieza					
13			Inspección					
14			Engrasar					
15	3. Llenaderos (Conos)	3.1. Conos	Limpieza					
16			Inspección					
17		3.2. Guayas	Limpieza					
18			Inspección					
19			Engrasar					
20		3.3. Riel	Inspección					
21			Engrasar					
22		3.4. Cajetín del semáforo	Limpieza		1:00	H. Rodríguez	Semanal	
23			Inspección		0:10	H. Rodríguez	Semanal	
24		3.5. Sistema de iluminación	Inspección					

A partir de la Tabla 4-1, se obtienen los siguientes datos y se pueden calcular las ventas diarias y las ventas por hora:

Carga Total Vendida = 690.99 Tm / día Número de camiones = 26 camiones / día

Carga / Camión cisterna = 26.71 Tm / camión

Venta diaria = 71131.32 $ / día Venta por hora = 5471.64 $ / hora*

4.4.2.2. Cambios en las actividades y los tiempos del proceso de carga a granel: Reducción de costos

El proceso de carga fue uno de los objetivos a mejorar con la aplicación de las Técnicas del Orden (5'S), se seleccionaron las herramientas más utilizadas, se colocaron en lugares fáciles de ubicar y obtener. Se identificaron las herramientas y controles que utiliza el operador, se está adquiriendo la disciplina diaria de limpiar el área y equipos de trabajo y algo muy importante, se le está cambiando la forma de pensar y reaccionar a los operadores en busca de un buen desempeño de sus actividades y de mejorar el proceso en general, "un sentimiento de pertenencia y satisfacción por el trabajo".

Una vez aplicados los primeros pasos del sistema propuesto es posible modificar el flujograma de actividades del proceso de carga a granel y los tiempos de ejecución. *Ver Figura 4-9, Tablas 4-5 y 4-6, y Gráfico 4-4.*

* Para los cálculos se ha utilizado un precio promedio de 70000 Bs. / Tm y 1 $ = 680 Bs., tal que, el precio de venta es de 103 $ / Tm,.

En la Tabla 4-6, se observan los tiempos totales, registrados y actuales (después de las mejoras y la implantación del sistema), de duración de las actividades de carga y despacho a granel.

Tiempo registrado = 20 min Tiempo actual = 12:52 min:seg

Considerando la estadística de la Tabla 4-1, donde una la carga por camión es de 26.71 Tm / camión, se calcula la producción por hora en dólares:

Tiempo registrado = 8253.39 $ / hora Tiempo actual = 12697.84 $ / hora

4.4.2.3. Resultados visuales de la aplicación del sistema

Una de las técnicas que se utilizan en el reporte de resultados, es el tomar fotografías. Con las fotografías se puede tener una idea de cómo estaban los equipos y elementos en general de la línea y donde se encuentran ahora. Es una de las técnicas de registro de información que crean mayor impacto en los que realizan los trabajos y en las personas ajenas a este.

Los resultados preliminares que se han obtenido con la implantación del sistema, se observan en las *Figuras 4-10* hasta la *4-17*.

Operaciones que realiza el operador cuando se despacha cemento a granel.

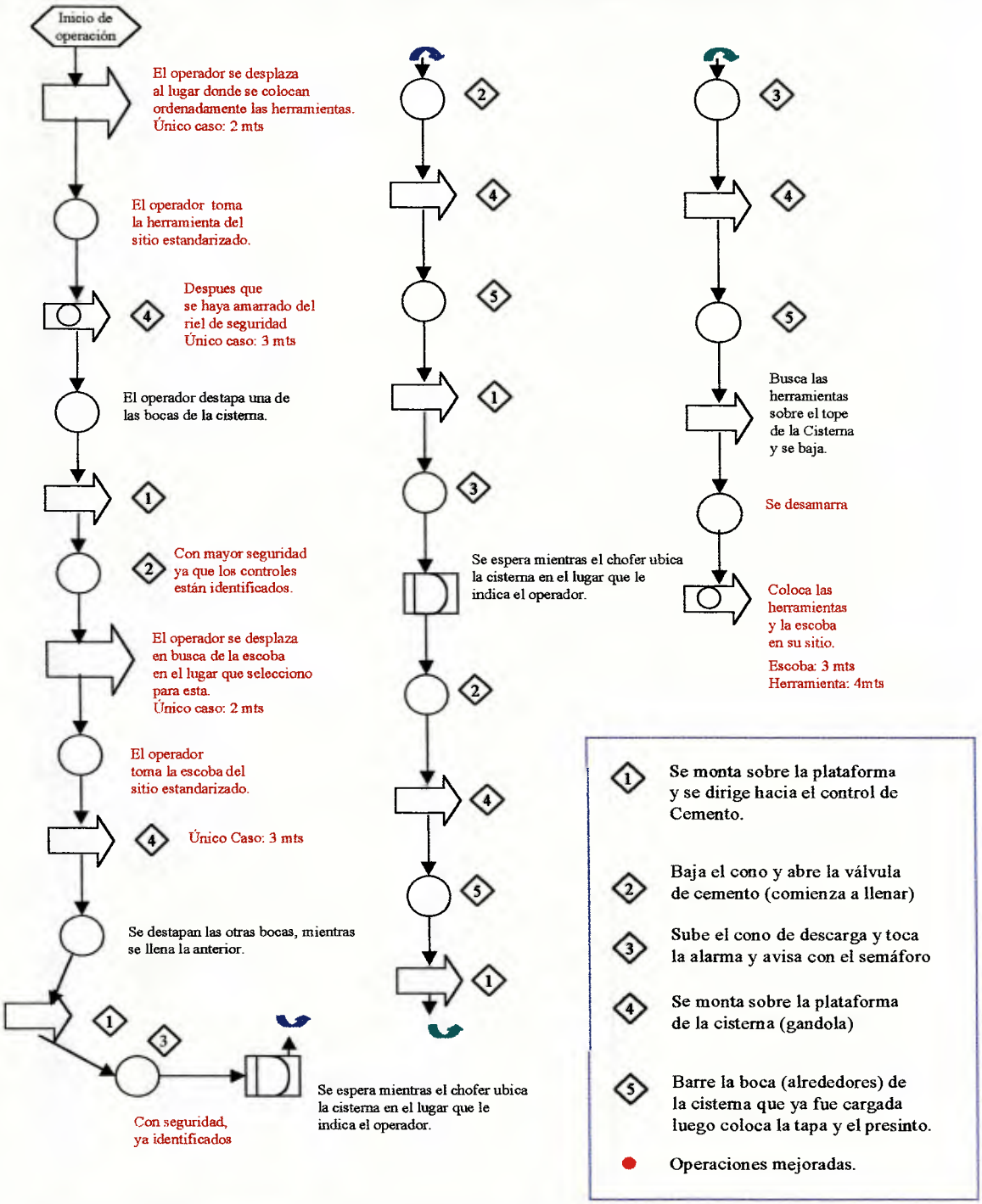


Figura 4-9. Nuevo flujograma de actividades del operario del despacho a granel.

ACTIVIDADES	TIEMPOS (hr:min:seg)					PROMEDIO
AMARRARSE	0:00:26	0:00:29	0:00:21	0:00:33	0:00:26	0:00:27
TOMAR HERRAMINETAS	0:00:05	0:00:08	0:00:06	0:00:07	0:00:09	0:00:07
ABRIR COMPUERTA	0:00:25	0:00:22	0:00:20	0:00:26	0:00:30	0:00:25
DESCARGA DE CEMENTO	0:06:36	0:05:54	0:07:40	0:07:09	0:06:05	0:06:41
BARRER	0:00:12	0:00:13	0:00:11	0:00:14	0:00:11	0:00:12
CERRAR COMPUERTA	0:01:02	0:00:49	0:00:45	0:00:40	0:00:44	0:00:48
DESAMARRARSE	0:00:12	0:00:18	0:00:09	0:00:13	0:0016	0:00:13
DEJAR HERRAMIENTAS	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:05	0:00:07	0:00:08
TODO EL PROCESO	0:11:53	0:13:05	0:13:04	0:14:58	0:11:20	0:12:52

Tabla 4-5. Tiempos correspondientes a las actividades de carga a granel.

REGISTRO (min/cisterna)	20:00
ACTUAL (min/cisterna)	12:52
REDUCCIÓN (%)	35.67

Tabla 4-6. Tiempo total del proceso de carga de la línea de granel.

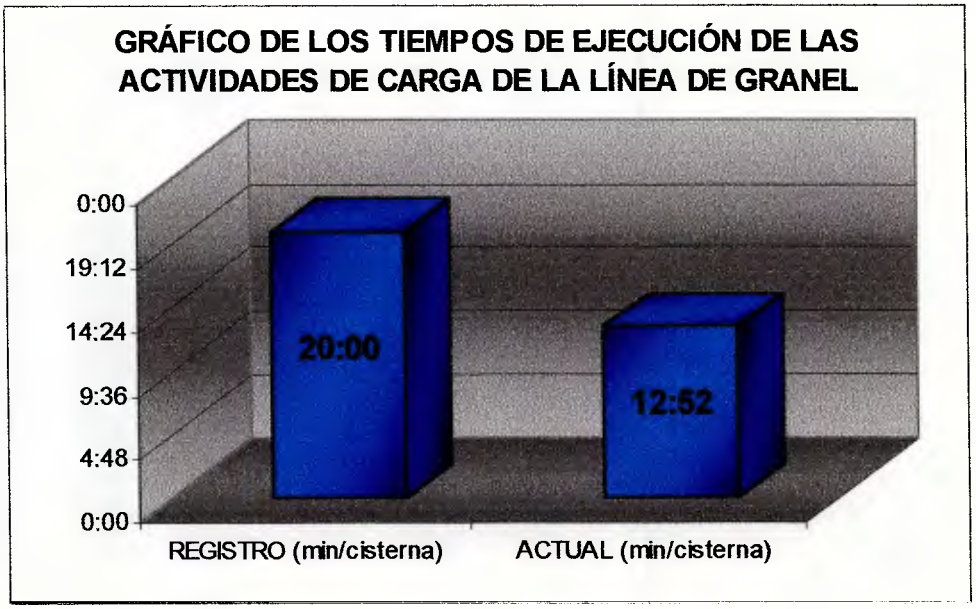
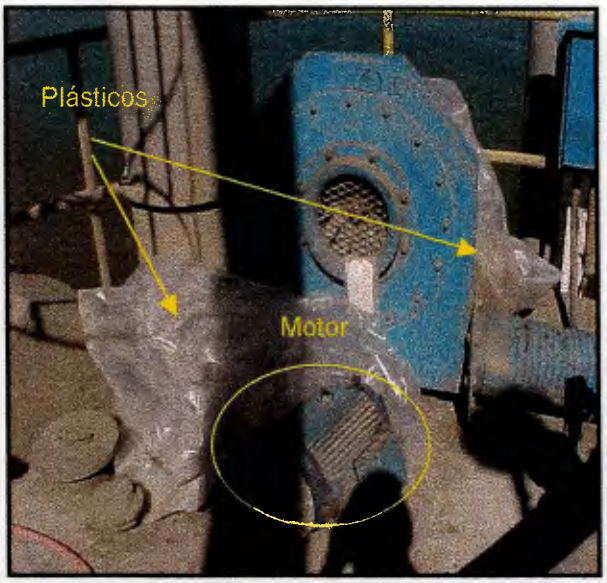


Gráfico 4-4. Tiempo total del proceso de carga de la línea de granel.

ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se aprecia un gran desorden, motores en reparación, plásticos y sucio en el tope de la tolva de granel, específicamente en uno de los ventiladores del aerodeslizador.	OBSERVACIONES: Se restableció el orden, se reparó el motor del ventilador y se pintó de los colores adecuados. Además se está practicando la limpieza en rutinas.

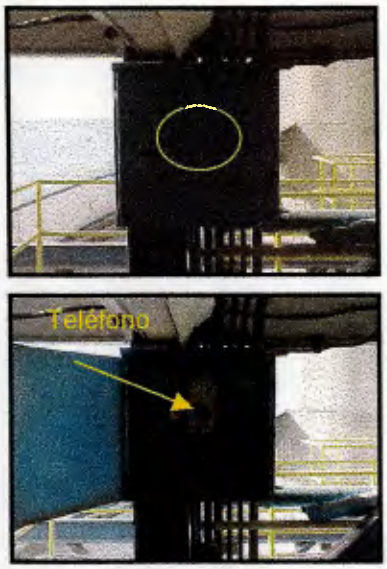
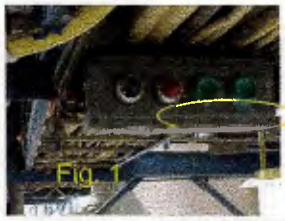
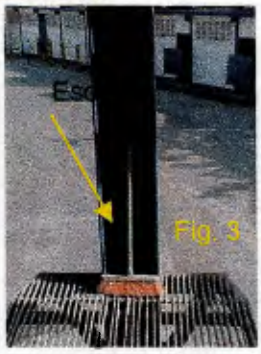
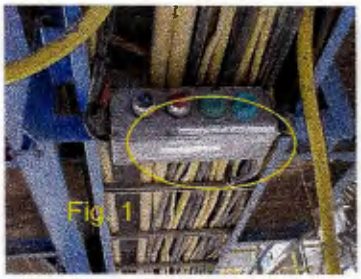
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se presenta el teléfono que está ubicado en el nivel de panel de control. Está dañado, es antigüo y no presenta identificación.	OBSERVACIONES: Se presenta el teléfono identificado. Su reparación o eliminación se está analizando.

Figura 4-10. Resultados de la implementación de las Técnicas del Orden

ANTES	DESPUES
 	
OBSERVACIONES: La Fig. 1 muestra el tablero de control de los semáforos y alarmas sin ningun tipo de identificación. Las Figs. 2 y 3, muestran las gomas y la escoba que utilizan los operadores cuando cargan y limpian el cemento, respectivamente, en las cisternas.	OBSERVACIONES: La Fig. 1, muestra el tablero de control de semáforos y alarmas, identificando los botones respectivos para cada semáforo. La Fig. 2 muetra las gomas y la escoba guindadas en un lugar de ubicación rápida, ordenada e identificada para los elementos que en esta se encuentran.

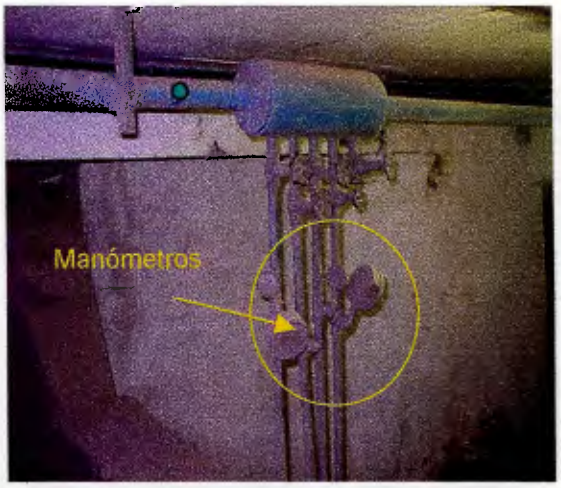
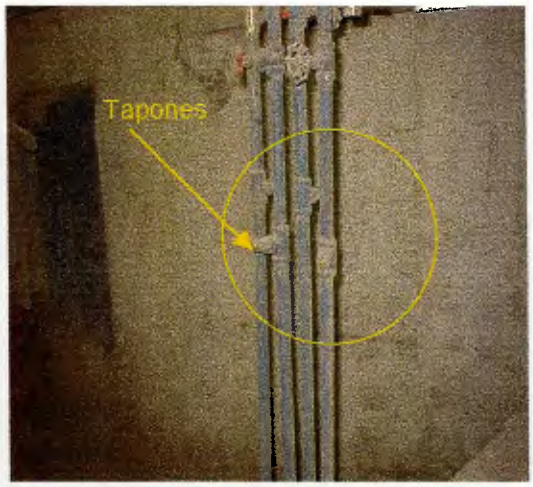
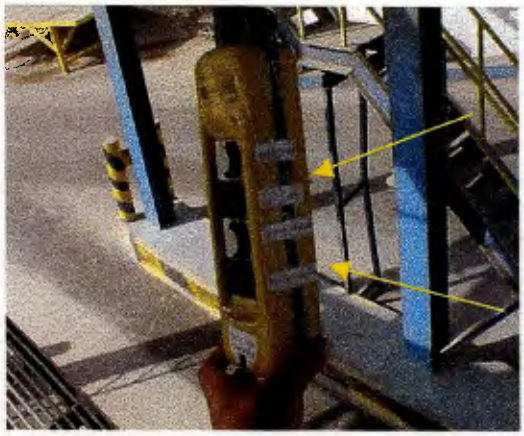
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se aprecian los manómetros del sistema de aire comprimido para los silos (este aire hace que el cemento entre en movimiento dentro de los silos), los cuales están obstruidos de cemento y rotos.	OBSERVACIONES: En vista de que los manómetros están dañados y no cumplen la función, se eliminaron y se están colocando tapones en estos lugares. Se recomienda colocar un solo manómetro antes de cada silo en la tubería principal.

Figura 4-11. Resultado de la implantación de las 5'S.

ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se aprecia el control de mando de los conos y las válvulas de descarga de cemento. Estos no tienen ningún tipo de identificación, es decir, no se tienen identificados los diferentes botones que en este se encuentran.	OBSERVACIONES: Se identificaron las funciones de cada boton del control, para que cualquier persona pueda saber para que se utilizan.

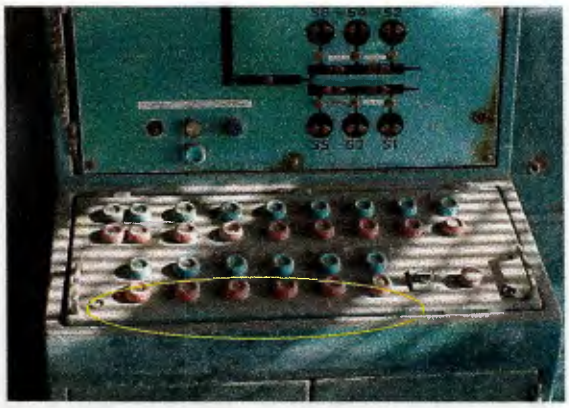
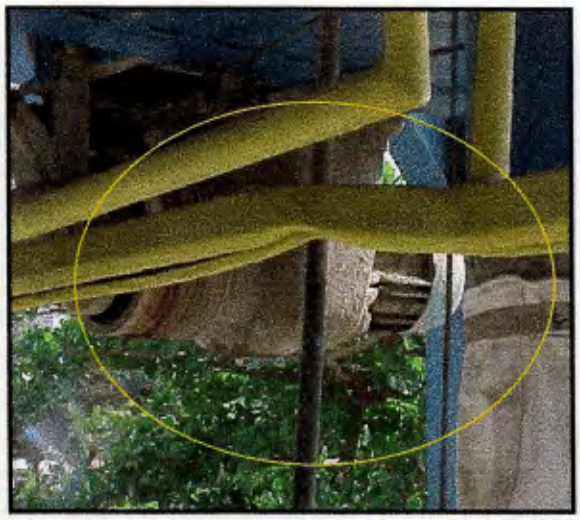
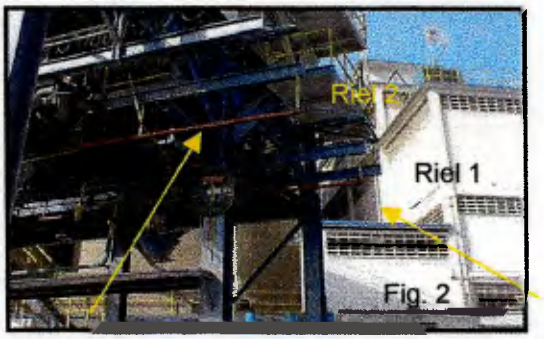
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se tiene el panel de control de toda la línea de despacho a granel, presenta poca identificación, está deteriorado por la corrosión y tiene varias luces quemadas.	OBSERVACIONES: Se identificaron las funciones de la mayoría de los botones que en este se encuentran, pero sigue presentando el deterioro antes mencionado, el cual ya ha sido reportado al departamento de mantenimiento.

Figura 4-12. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden

ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se aprecia el riel de seguridad de los operadores (riel de amarre de arnés o cinturón) golpeado, por lo que dichos operadores no se podían amarrar y se corría el riesgo de alguna caída.	OBSERVACIONES: En la fig. 1, se aprecia el riel ya reparado, es decir, se reemplazaron los rieles por unos nuevos. La fig. 2, lo que muestra es una vista más amplia del reemplazo de los rieles.

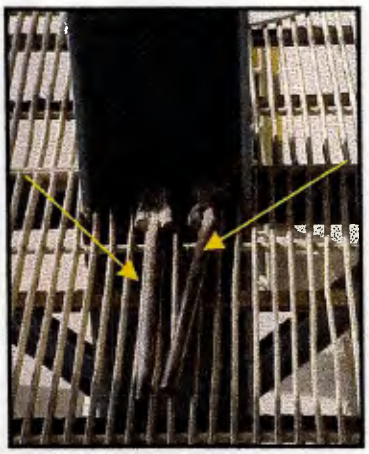
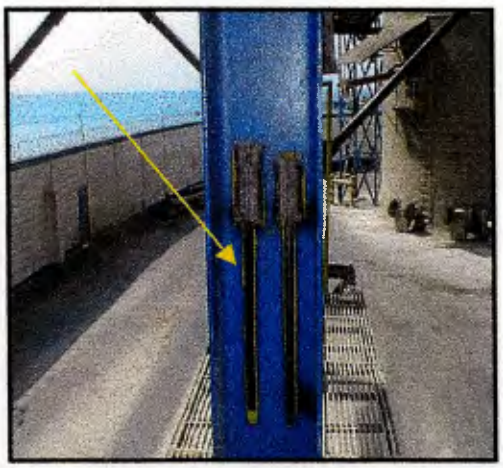
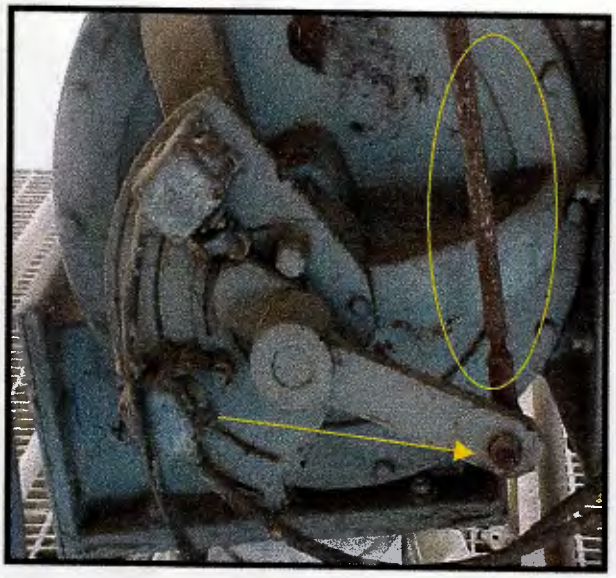
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: Se aprecian las mandarrias con las que se abren las compuertas de los camiones cisternas en el piso de la plataforma de trabajo, pudiendo hacer que el operador se tropiese y caiga de una altura de 3,5 mts.	OBSERVACIONES: Se aplican las técnicas de Selección y Orden en la plataforma de granel, colocando las mandarrias en un lugar de pronta ubicación y de poco riesgo para los operadores.

Figura 4-13. Resultados de la implantación de las Técnicas del Orden

ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: El brazo que hace que gire la válvula esférica, presenta corrosión y desajuste.	OBSERVACIONES: Se le aplicó pintura al brazo de la válvula y se ajustaron los pernos.

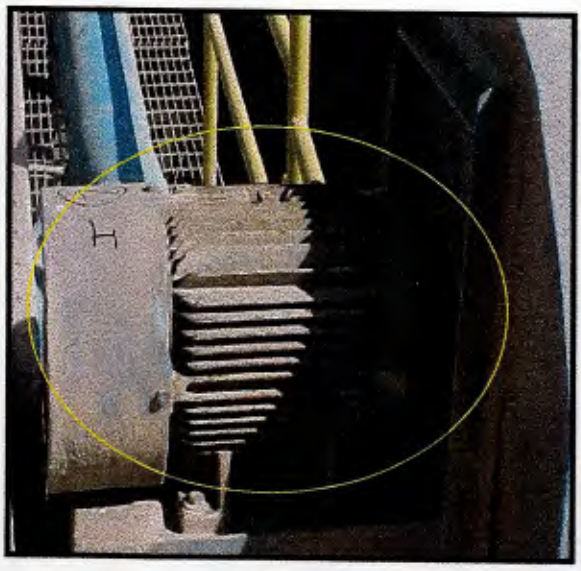
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: El motor del ventilador del slider presenta suciedad en la carcaza, corrosión y le falta identificar las tapas de elementos giratorios.	OBSERVACIONES: Se le aplicó pintura y se identificaron las partes del motor y del ventilador del slider.

Figura 4-14. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

ANTES	DESPUES
OBSERVACIONES: El motor está en buen estado (pocas horas de uso), pero es necesario aplicar información visual "Estandarizar".	OBSERVACIONES: Se identificaron con colores aquellas partes que recubren elementos en movimiento (ventilador y correas), al igual que la tubería eléctrica.

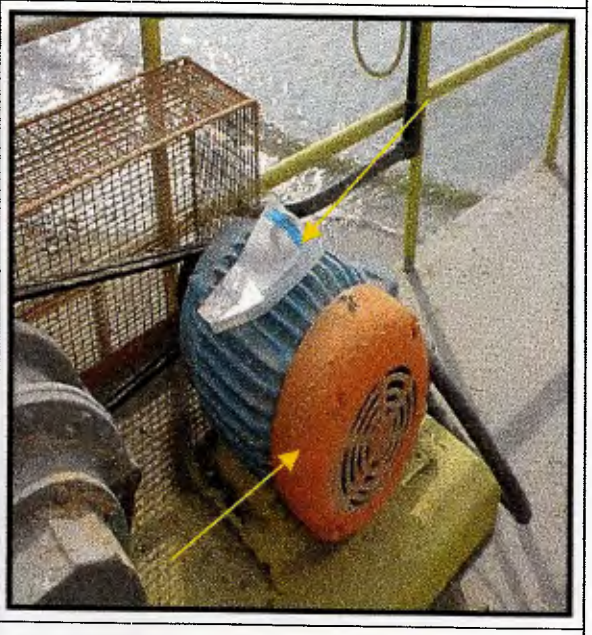
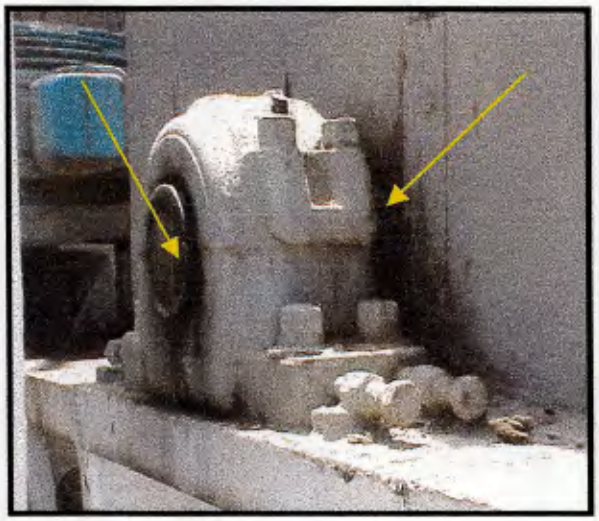
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: El sistema de motor y soplador está bastante deteriorado por la corrosión. Posee muchas horas de uso, por lo que ya presenta sobrecalentamiento y deterioro en sus elementos.	OBSERVACIONES: Se pintó el motor, para protegerlo de la corrosión. Se puede apreciar una tarjeta de reporte de anomalía, la cual identifica que el motor se sobrecalienta con frecuencia.

Figura 4-15. Resultados de la implementación del Mantenimiento Autónomo.

ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: La chumacera presenta sobrecalentamiento y fugas de lubricante, su estado es bastante deteriorado.	OBSERVACIONES: Se reemplazó la chumacera. Los derrames que se aprecian se ocasionaron en el momento de la montura de la misma.

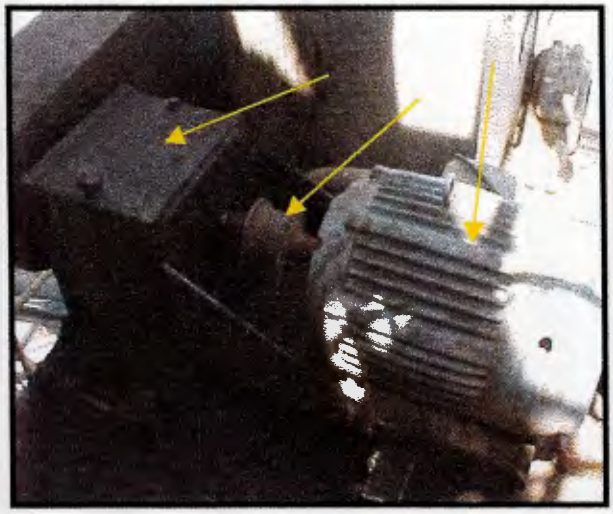
ANTES	DESPUES
	
OBSERVACIONES: El motor y el reductor presentan sobrecalentamiento, sonido anormal, altas vibraciones y un deterioro general debido a su antigüedad.	OBSERVACIONES: Se decidió reemplazar dichos elementos.

Figura 4-16. Resultados de la implantación del Mantenimiento Autónomo.

ANTES	DESPUES
OBSERVACIONES: Se aprecia una vista general de la línea de despacho a granel (área de tolva y válvulas), bastante sucia y deteñorada (en cuanto a pintura).	OBSERVACIONES: Entre personal de Vencemos, una compañía contratista, y los integrantes del grupo de trabajo de 5'S y Mantenimiento Autónomo se acondicionó y restauro la línea de Despacho a granel.

Figura 4-17. Resultados de la implementación del Sistema de 5'S y Mantenimiento Autónomo.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PRELIMINARES DE LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA

4.5.1.1. Reporte y resolución de anomalías. Creación de Estándares

Los resultados de la implantación del sistema aumentan considerablemente las horas de mantenimiento efectivas que se realizan en la planta, ya que los operadores pasan de no tener participación en el mantenimiento de los equipos, a realizar actividades de limpieza e inspección, e identificación y resolución de anomalías. Al realizar estas actividades y debido al gran número de partes y piezas que sufren desgaste por fricción*, es posible, a mediano y largo plazo, disminuir en más de un 80% el número de paradas no programadas. A través de los estándares es posible conocer cuánto tiempo se le dedica a las actividades de mantenimiento, a lo cual se le debe sumar el tiempo invertido en la resolución de las anormalidades descubiertas durante las inspecciones. El aporte real y tangible de este proceso es que aumenta la eficiencia de las actividades de mantenimiento preventivo, debido a que se descubren las anomalías antes que se produzca la falla.

Se ha calculado que las ventas del terminal ascienden a 71131.32 $ / día o, a lo que es equivalente, 5471.64 $ / hora. Esto quiere decir que por cada vez que un equipo del sistema de granel falla y es necesario detener la línea por 1 hora, el terminal pierde la oportunidad de realizar ventas de más de 5000 $.

---

* Rodamientos, ejes, engranajes, poleas y correas, son ejemplos de componentes que sufren desgaste por fricción y que en algunos equipos alcanzan a representar más del 90% de las piezas que lo conforman.

Según experiencia del departamento de mantenimiento, la línea de Despacho a granel venía presentando paradas no programadas de aproximadamente 2 horas por semana (en promedio), sin contar las paradas catastróficas de hasta 24 horas que tubo la línea a comienzos de este año. Tomando estas cifras como ejemplo, el Terminal dejaba de producir unas 120 TM en promedio por semana equivalentes a 5760 TM en promedio por año, es decir se dejaban de vender 593000 $ aproximadamente al año.

Tamando en cuenta estas cifras, una mejora en el proceso productivo que disminuya estas paradas no programadas, le traerán al terminal un ahorro o una oportunidad de ventas y una capacidad de respuesta a los clientes enorme.

El Terminal se puede tomar como ejemplo para las otras plantas de la corporación Cemex, ya que si se incorporan a los procesos productivos sistemas o modificaciones que puedan reducir las pérdidas generales de una planta (*Ver Anexo 11*) por más pequeñas que sean, la empresa podrá aumentar sus niveles de ventas, disminuir los tiempos de entrega de los productos y satisfacer a los clientes más exigentes.

4.5.1.2. Cambios en las actividades y los tiempos del proceso de carga a granel: Reducción de costos

Aplicar las Técnicas del Orden en el área donde se realiza el despacho a granel permitió cambiar el flujograma del proceso de carga, eliminándose aquellas actividades consideradas como desperdicio, es decir, que no agregan valor al proceso. El tener que desplazarse innecesariamente, el tiempo perdido buscando las herramientas, la inseguridad al realizar la tarea y controlar los equipos son actividades que no agregan valor al producto. Estas Técnicas, combinadas con los pasos del

Mantenimiento Autónomo y otras mejoras que se le han realizado al sistema de granel, lograron disminuir el tiempo promedio de carga de los camiones cisterna en un 35,67%, de 20 minutos* a 12 minutos con 52 segundos.**

La reducción en el tiempo del proceso de carga y despacho a granel aumenta la capacidad de producción de la línea. Se calculó que, inicialmente, se podían cargar 3 camiones / hora, lo que es igual a 80.13 Tm / hora y 8253.39 $ / hora, en ventas. Actualmente es posible despachar hasta 4.62 camiones / hora, lo que representa 123.28 Tm / hora y 12697.84 $ / hora, en ventas. Esto implica que la capacidad nominal productiva del proceso de carga y despacho a granel aumentó en un 53.86%.

4.5.1.3. Resultados visuales de la aplicación del sistema

A través de las fotografías de las *Figuras 4-10:4-17*, se observa el cambio físico al que se está sometiendo el terminal. Esto trae consigo una serie de beneficios no cuantificables a raíz del cambio de actitud que se logra en todo el personal. Ejemplos de estos beneficios son:

- Organización y simplicidad de las actividades
- Motivación y sentido de pertenencia por parte de los operarios hacia sus áreas de trabajo
- Mejor aspecto físico del terminal, ocasiona una buena impresión en los clientes y visitantes
- Seguridad en el trabajo

* El registro de 20 minutos corresponde a mediciones realizadas en 1999.
** El promedio actual no está basado en un estudio de tiempo formal. De necesitar validar esta estadística será necesario realizar todas las consideraciones del caso.

5. CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo principal del Trabajo Especial de Grado, "Diseñar un sistema para aplicar las Técnicas del Orden (5´S) y la primera fase del Mantenimiento Autónomo en el área de despacho a granel de un terminal de cemento", a pesar de que no se cumplieron a cabalidad todos los objetivos específicos, ya que algunos no eran relevantes para el diseño.

La implantación paralela del sistema, sirvió como retroalimentación, para realizar modificaciones y perfeccionar el diseño. Además, se obtuvieron resultados concretos de la aplicación parcial del sistema, aspecto que no estaba considerado entre los objetivos iniciales.

Se aumentaron las actividades de mantenimiento gracias a la participación de los operadores. Con esto se mejora el proceso de detección y resolución de anomalías, disminuyendo el número de paradas no programadas. Además se reduce el sobre tiempo dedicado a las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. La creación de estándares de limpieza, lubricación, inspección y ajuste, hacen, de forma progresiva, que los equipos alcancen sus condiciones óptimas de funcionamiento. El sistema exige y facilita el proceso de capacitación de los operadores, con lo cual pasan de ser un operador nivel 1, que sólo aprieta botones y no comprende el funcionamiento de los equipos, a un operador participativo en actividades de mantenimiento básicas y con un conocimiento más profundo del proceso del cual forma parte.

Alcanzar la condición de cero fallas y eliminar las paradas no programadas, elimina las pérdidas por costo de oportunidad, las cuales sobrepasan los 5000 $ / hora aproximadamente.

Se logró reducir el tiempo de permanencia de los camiones cisterna en los andenes de despacho a granel en un 35.67%, ya que se eliminaron actividades que representaban desperdicio dentro del proceso. Esto conlleva a un aumento del 53.86% de la capacidad nominal de producción del sistema de granel.

Se mejoraron las condiciones de trabajo y la situación de los equipos de la línea piloto por medio de las Técnicas del Orden y la primera fase del Mantenimiento Autónomo. Esto se refleja en mayores niveles de seguridad, organización, disponibilidad, rendimiento y calidad, con lo cual aumenta enormemente la eficiencia total del proceso. El principal indicador de mejoras a utilizar, a mediano y largo plazo, es la Eficiencia Total de los Equipos (ETE), ya que involucra las pérdidas generales de una planta y es en estas donde las 5'S y el MA buscan la mejora.

Una de las principales herramientas del sistema y de la filosofía TPM es la información visual, la cual convierte el manejo de información en un proceso rápido y sencillo.

La inversión que requiere la implantación de este sistema no es comparable con el ahorro inmesurado que se obtiene a través de la mejora en la calidad de los procesos y en la disminución del desgaste no controlado y las fallas de los equipos.

El Terminal deja de vender al año aproximadamente 593000 $, a causa de las pérdidas en el proceso de despacho a granel, sin contar los costos relacionados con las reparaciones, repuestos y horas hombre empleadas.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario contrastar la actitud del personal de la planta que es contratado a través de una empresa externa y aquel que forma parte de la nómina de la compañía, recomendando la preferencia por los segundos para favorecer el proceso de implantación de este tipo de sistemas que requieren un cambio de actitud. El primero, es un empleado que responde a un contrato que tiene inicio y fin definidos, mientras que el segundo pertenece a la compañía, con un compromiso y sentido de pertenencia mayor, y por ende es más sencillo motivarlo para llevar adelante este tipo de procesos que requieren de una motivación muy especial y que no está centrada únicamente en el aspecto económico.

El Comité Coordinador debe estar formado por personas que han sido capacitadas en el área de TPM. Tan importante como su preparación, es la motivación que puedan tener hacia la implantación y la firme creencia en los logros que se pueden alcanzar. Además, es necesario que le dediquen el tiempo y el esfuerzo que exigen las actividades del TPM.

La directiva o gerencia de la empresa, encargada de la implantación de TPM debe hacerse presente, es decir, involucrarse directamente con la implantación del sistema, con el objeto de dar testimonio de los logros alcanzados y favorecer la motivación del personal y Comité que se encuentra en la planta.

Es indispensable la comunicación entre los grupos de trabajo, el Comité Coordinador, Asesores, y Gerentes o Directores. Se recomienda realizar reuniones, similares a las de los grupos autónomos, donde los participantes sean el Comité

Coordinador, los Asesores y la Gerencia o Directiva del TPM, con el fin de asegurar el flujo de información entre los diferentes niveles del organigrama.

Se recomienda eliminar aquellas pequeñas fuentes de contaminación y fallas, que se caracterizan por ser de tipo inmediato y de baja inversión, mientras tanto se consiguen los medios para resolver el problema general o macro, el cual requiere de un mayor presupuesto, tiempo, materiales, etc.

El proceso comienza en el momento en que el camión cisterna entra al terminal, pasando por una serie de procesos antes de llegar a la línea de despacho a granel (como por ejemplo el Departamento de Facturación y Romana). Es por esto que el buen funcionamiento del proceso requiere que todas las actividades se realicen efectivamente, es decir, el proceso total no demostrará grandes mejoras si se centran las actividades en el área de despacho a granel y no se estudia y optimiza el desempeño de los otros departamentos.

Es necesario registrar las actividades que se llevan a cabo, fotografías, estudios de tiempos, estándares, formatos, etc., con el fin de optimizar en el tiempo, el esfuerzo realizado y los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. SUZUKI, Tokutaro. TPM en Industrias de Proceso. Versión en español, TGP-HOSHIN, S.L. Madrid, España. 1995. Originalmente publicado por el JIPM.
2. SUGIYAMA. The Improvement Book. Editado por Japan Management Association.
3. SHIROSE, K. TPM for Operators. Editado por JIPM.
4. MAYNARD, H.B. Manual del Ingeniero Industrial Tomo III. Editorial McGraw-Hill. Cuarta Edición. 1996.
5. MAYNARD, H.B. Manual de Ingeniería y Organización Industrial. Editorial Reverté Colombiana, S.A. Bogotá, Colombia. Tercera Edición.
6. HIRANO, Hiroyuki. Putting 5S to Work (A Practical Step by Step Approach). Chairman, JIT Management Laboratory, Co., Tokio, Japan.

TRABAJOS ESPECIALES DE GRADO

- Br. Nelson V. Parrela B. y Br. Julian Obage P., Tutor Ing. Jorge Rivas Martinez. 1971. Aplicación e implementación práctica de un sistema de mantenimiento y renovación de equipo en una industria tipo. Universidad Católica Andrés Bello.
- Br. Katiuska A. Rodriguez H., Profesor guía Ing. Jesús Zabaleta. Creación de un sistema de mantenimiento para los equipos estáticos de una refinería, basado en la filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad, caso específico: Intercambiadores de calor de una unidad de Flexicoquer de la refinería de Amuay. Universidad Católica Andrés Bello. Junio 1998.