

**APORTES DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO AL AUMENTO DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE FERTILIZANTES COMPLEJOS DE
MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A.**

**MUÑOZ PARRA RUBÉN DARÍO
SARMIENTO SARMIENTO DEIVIS RAFAEL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
CARTAGENA 2009**

**APORTES DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO AL AUMENTO DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE FERTILIZANTES COMPLEJOS DE
MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A.**

**MUÑOZ PARRA RUBÉN DARÍO
SARMIENTO SARMIENTO DEIVIS RAFAEL**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director: Ing. EDWIN PRIMERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
CARTAGENA 2009**

DEDICATORIA

Alexander Cervantes: fuiste nuestro gran compañero y amigo. Te extrañamos.
Rubén Darío y Deivis

A Mónica, Melissa Danitza y Amelia Cristina; mi apoyo y constante motivación.

Papi y Mami: para ustedes este logro. Gracias por inculcarme esa perseverancia que me hacen ver luz donde todo parece oscuridad.

Rubén Darío

A mi madre y hermanas, gracias por darme ese permanente impulso.

Papi, gracias por iluminarme desde el cielo. Este logro es un reflejo de todas tus enseñanzas.

Deivis

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A.	2
1.1. RESEÑA HISTÓRICA	2
1.2. EMPRESAS SUBSIDIARIAS	2
1.3. PRODUCTOS DE MONÓMEROS	3
1.4. EMPRESAS SUBSIDIARIAS	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	5
2.3. Análisis de la literatura recopilada	5
3. MARCO DE REFERENCIA	6
3.1. Marco Teórico	6
3.1.1 Orígenes de la Planta de Fertilizantes de MCV	6
3.1.2 Qué son los Fertilizantes Complejos	7
3.1.3 Proceso de elaboración de los Fertilizantes Complejos	7
Etapa de Disolución	7
Etapa de Precipitación	8
Etapa de Filtración	8
Etapa de Neutralización	9
Etapa de Evaporación	9
Etapa de Granulación	10
Etapa de Secado	11
Etapa de Clasificación y Molienda	11
Etapa de Enfriamiento	12
Etapa de Recubrimiento	13

3.2. Marco Organizacional	13
3.3. Marco Conceptual	14
4. ADMINISTRACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN MONÓMEROS	18
5. ANÁLISIS DE LIMITACIONES MECÁNICAS Y OPERACIONALES	19
5.1 LIMITACIONES OPERACIONALES	19
5.2 DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS Y LIMITACIONES MECÁNICAS	20
5.2.1 Análisis de Criticidad	20
CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CRITICIDAD	34
5.2.2 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a Equipos Críticos de la Planta de Fertilizantes	35
TAMBOR GRANULADOR	36
TAMBOR ENFRIADOR	42
VASIJA NEUTRALIZADORA	43
ANÁLISIS CAUSA-RAÍZ A DAÑO MAYOR SUCEDIDO AL B-1212	46
5.2.3 DIAGRAMA PERT DE UNA PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	50
CONCLUSIÓN DE LIMITACIONES	53
6. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	53
6.1 Ambiental	53
6.2 Técnico	54
6.3 Económico	56
7. LISTADO DE EQUIPOS NECESARIOS	57
7.1 SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN Y LAVADO DE GASES	57
7.2 SISTEMA LAVADOR DE GASES DEL TAMBOR GRANULADOR	62
7.3 SISTEMA ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL TAMBOR ENFRIADOR	68
7.4 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL	74
8. CONCLUSIONES	75
8.1 Beneficios Ambientales	71
8.2 Beneficios Técnicos	75

8.3 Beneficios Económicos	76
10. BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1, Fertilizante producto final.	4
Ilustración 2, Esquema Etapa de Disolución	7
Ilustración 3, Esquema Etapa de Precipitación	7
Ilustración 4, Esquema Etapa de Filtración	8
Ilustración 5, Esquema Etapa de Neutralización	9
Ilustración 6, Esquema Etapa de Evaporación	10
Ilustración 7, Esquema Etapa de Granulación	10
Ilustración 8, Esquema Etapa de Secado	11
Ilustración 9, Esquema Etapa de Clasificación y Molienda	12
Ilustración 10, Esquema Etapa de Enfriamiento	12
Ilustración 11, Esquema Etapa de Recubrimiento	13
Ilustración 12, Sección de Organigrama.	12
Ilustración 13, Producto sin compactación.	14
Ilustración 14, Sistema motriz y llantas del tambor Granulador	15
Ilustración 15, Fertilizante compuesto.	16
Ilustración 16, Deformación causada en el eje del impulsor	50
Ilustración 17, Vasija Neutralizadora	54
Ilustración 18, Lavador de gases de V-1218 (Existente)	61
Ilustración 19, Lavador de gases del tambor Granulador DX-1208.	63
Ilustración 20, Ubicación de boquillas del Tanque de recuperación de lodos	64
Ilustración 21, Separador de Amoníaco.	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, Unidades normalmente utilizadas.	17
Tabla 2, Análisis de Criticidad T-1201	21
Tabla 3, Análisis de Criticidad Reactores	22
Tabla 4, Análisis de Criticidad en Filtración	23
Tabla 5, Análisis de Criticidad en Neutralización	24
Tabla 6, Análisis de Criticidad en Evaporación	25
Tabla 7, Análisis de Criticidad del Granulador	26
Tabla 8, Análisis de Criticidad del Tambor Secador	27
Tabla 9, Análisis de Criticidad del Horno	28
Tabla 10, Análisis de Criticidad del Elevador de Cangilones	29
Tabla 11, Análisis de Criticidad de las Zarandas	30
Tabla 12, Análisis de Criticidad de los Molinos	31
Tabla 13, Análisis de Criticidad Tambor Enfriador	32
Tabla 14, Análisis de Criticidad Tambor Recubridor	33
Tabla 15, Resumen Estudio de Criticidad	35
Tabla 16, MFAE del Tambor Granulador	35
Tabla 17, Base de Datos de Fallas del Tambor Granulador	42
Tabla 18, MFAE del Tambor Enfriador	43
Tabla 19, Base de Datos de Fallas del Tambor Enfriador	46
Tabla 20, MFAE de la Vasija Neutralizadora	46
Tabla 21, Base de Datos de Fallas del Soplador	48
Tabla 22, Resumen Diagrama Pert de una Parada de Planta típica	52
Tabla 23, Tipo de cambios de equipos	57

RESUMEN

TÍTULO: APORTES DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO AL AUMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE FERTILIZANTES COMPLEJOS DE MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A.*

AUTORES: RUBÉN DARÍO MUÑOZ PARRA, DEIVIS RAFAEL SARMIENTO SARMIENTO* *

PALABRAS CLAVES: Fertilizante, Granulador, Ambiental, **Neutralización**, Reciclo

DESCRIPCIÓN:

Para el cumplimiento de los compromisos comerciales que se hace la empresa Monómeros Colombo – Venezolanos S.A. con sus clientes en lo que tiene que ver con la entrega oportuna y satisfacción de las variables de cantidad y calidad de sus líneas de Fertilizantes Complejos, se requiere una alta disponibilidad mecánica de los equipos de la Planta.

Con el fin de armonizar los elementos operacionales y mecánicos que ayuden a determinar los componentes que en un momento dado son pilares para garantizar la disponibilidad mecánica y por ende la Producción, se realiza el presente estudio que resume los elementos del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Esta Monografía propone unas mejoras en las instalaciones de la Planta de Fertilizantes que redundarán en una mayor productividad y consecuentes beneficios económicos, mejor disposición del material particulado que se arroja a la atmósfera y optimización de los tiempos de ejecución del Mantenimiento.

Presenta un detallado análisis de la situación actual del mantenimiento y operaciones en la Planta de Fertilizantes y presenta aspectos que podrían generar resultados positivos para la Organización.

En el estudio se emplean las más recientes estrategias de administración del mantenimiento como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Diagrama Pert y Análisis Causa Raíz con los cuales se determinan las limitaciones mecánicas y operacionales en la producción de los Fertilizantes complejos. Finalmente se presentan propuestas para obtener unos mejores Tiempos Medios Entre Fallas, disminuir el Tiempo Medio de Restauración y aumentar la flexibilidad en el Mantenimiento a los equipos analizados.

* **Proyecto de Grado**

** **Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica**

Director: Edwin Primera

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE MANAGEMENT'S CONTRIBUTION TO INCREASE THE MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A. FERTILIZING PLANT COMPOSED PRODUCTION *

AUTHORS: RUBÉN DARÍO MUÑOZ PARRA, DEIVIS RAFAEL SARMIENTO SARMIENTO **

KEY WORDS: MFAE, Granulater, Raised-Cause Análisis, Enviroment, **Neutralization**, Recycle

DESCRIPTION: To get the fulfillment commercials commitments acquired by Monómeros – Colombo Venezolanos Company with regular customers as regards with appropriate delivery and pleasure of quality and quantity topics of the mix fertilizers assembly line, it require a good mechanical availability of her device.

To harmonize operationals and mechanicals concepts wich help to determine principals components to guarantee the mechanical availability and get a better production, the investigator team show the present study wich summarize the Reliability Centered Maintenance concepts.

This monographe proposes some improvements in the Fertlizing Plant which will provide a best productivity and economics benefits, improves in the particled materials's arrange which is sent to the atmosphere and optimizacion time maintenance too.

By other hand, this presents a detailed análisis of the Fertlizing Plant maintenance and operation actual condition and show topics wich could get positives results to the Company.

This research uses the most recent Management's Strategies Maintenance as Reliability Centered Maintenance, Pert Diagram and Root Cause Analysis which are used to determine the Mechanical and Opertionals Restrictions en the mix Fertilizers Production. Finally it shows proposals to better the Middle Time Between Fault, to decrease the Middle Time To Repaire and to increase the flexibility in the maintenance of the device studyeds.

* **Proyecto de Grado**

** **Phisical – Mechanical Engineering Faculty Mechanicals Engineering School**
Manager: Edwin Primera

INTRODUCCIÓN

Monómeros a través del tiempo ha procurado mantener actualizadas sus gestiones Comerciales, Administrativas, Financieras y de Producción y Mantenimiento incorporando a sus procesos no tan solo tecnología de punta sino también los nuevos modelos de pensamiento empresarial que van surgiendo en el mercado como resultado de las necesidades de competitividad que a diario se presentan en los sectores industriales y comerciales modernos.

La aparición de nuevos conceptos como el Mantenimiento Productivo Total, Análisis Causa-Raíz, Círculos de Calidad, Mejoramiento Continuo y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, entre otros, fueron en su momento estudiados e implementados al interior de la Compañía aprovechando su Recurso Humano, el cual por su potencial permite la puesta en práctica con éxito de este tipo de herramientas técnico-administrativas.

El presente documento tiene como objeto el análisis de las limitaciones operacionales de la Planta de Fertilizantes Complejos a la luz de las últimas teorías de la Administración del mantenimiento y proponer nuevas aplicaciones operacionales y de mantenimiento que coloquen esta Planta al nivel de las mejores tecnologías mundiales de producción de Fertilizantes Complejos.

1. MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Monómeros es una empresa petroquímica con sede en el Norte de la ciudad de Barranquilla (Colombia) constituida en Diciembre del año 1967 como Sociedad de Responsabilidad Limitada con la participación inicial del Gobierno colombiano a través de su Instituto de Fomento Industrial IFI y de ECOPETROL, a través del Gobierno venezolano a través de su Instituto Venezolano de Petróleos IVP y de la estatal holandesa Deutsh State Mines DSM.

Al año siguiente se transformó a Sociedad Anónima y en el año 1985, acogiendo a las ventajas que en ese entonces otorgara el Acuerdo de Cartagena, se transformó en Empresa Multinacional Andina.

Desde el año 2006 posee capital 100% del gobierno venezolano a través de la Multinacional Pequivén

1.2 EMPRESAS SUBSIDIARIAS

A lo largo de su existencia, Monómeros ha hecho alianzas estratégicas y/o comprado empresas nacionales e internacionales que le han permitido optimizar sus operaciones.

Estas son:

- La Compass Rose Shipping: Empresa producto de la alianza que en el año 1990 Monómeros hiciera con la empresa naviera Clipper de Dinamarca. Esta empresa presta servicios de carga a Colombia y Venezuela desde Europa, África y Estados Unidos.

- En el año 2000 compra el 40% del componente accionario de la empresa barranquillera productora de filamentos de Nylon, Vanylon.
- En el año 2002 compra el 100% de las acciones de la empresa que mas tarde tomara el nombre de Ecofértil. Planta con sede en Buenaventura que empaca y comercializa fertilizantes Simples y Mezclados.
- En el año 2003, en asocio con otras firmas, crea la Sociedad Limitada Monómeros Internacional. Esta empresa tiene sede en las Islas Vírgenes Británicas y con ella Monómeros agiliza la gestión documentaria de sus importaciones y también realiza sus operaciones logísticas y comerciales.
- Y finalmente, en Marzo del presente año Monómeros adquiere el 99% de las acciones de la empresa boliviana Gravetal cuya actividad principal es el procesamiento del grano de soya para la producción de aceites y harina de soya.

1.3 PRODUCTOS DE MONÓMEROS

En su Complejo Petroquímico ubicado en la Ciudad de Barranquilla se fabrican básicamente 3 líneas de productos:

- La línea de alimentación animal con el TCP, fosfato tricálcico que es un producto destinado a la alimentación de aves, ganado y cerdo.
- La línea de productos químicos, algunos de ellos utilizados como materia prima para la elaboración de los productos finales. Estos son: Sulfato de Sodio, Sulfato de Amonio, Ácido Nítrico, Agua Amoniacal, Metil Etil Cetoxima, Ciclohexanona y la Caprolactama líquida y escamada.

- La tercera línea es la de alimentación vegetal con los fertilizantes NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio).

En esta línea Monómeros tiene 3 presentaciones:

- La de los Fertilizantes Simples en la que se proporciona sólo uno de estos 3 elementos.
- La de los fertilizantes mezclados en la que se proporcionan los 3 componentes en proporciones iguales sin unión íntima.
- Y la de los fertilizantes complejos, objeto del presente estudio en la que se proporciona una mezcla química de los 3 componentes en cada uno de los gránulos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Aumentar en un 10% la producción anual en la Planta de Fertilizantes Complejos.



Ilustración 17, Fertilizante producto final.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar limitaciones mecánicas y operacionales en la producción de los Fertilizantes complejos.
- Desarrollar Análisis de Criticidad a los equipos de la Planta de Fertilizantes
- Aumentar el TMEF y Tiempo Medio Entre Paradas de Planta y disminuir el Tiempo Medio de Restauración.
- Obtener una mayor flexibilidad en el Mantenimiento a equipos
- Recuperar y disponer adecuadamente las emisiones de material particulado proveniente de la etapa de granulación y los gases de la etapa de neutralización

2.3 ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA:

El Grupo Investigador recopiló información proveniente fundamentalmente de 2 fuentes. Una interna y otra externa, a saber:

INTERNA

- Diagrama P & I, Process and Instrumentation de la Planta de Fertilizantes.
- Datos del Cuarto de Control referente a las variables de desempeño de las diferentes etapas en las Zonas Húmeda y Seca de la Planta.
- Sistemas de líneas de transporte.
- Sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas.
- Suministro de Servicios Industriales.
- Programas de Mantenimiento a la Planta de Fertilizantes.

EXTERNA

- Visita virtual y reconocimiento de las Plantas de Producción de Fertilizantes Complejos de Pequivén y Abocol.
- Consulta a la aplicación tecnológica de COMPSPAIN
- Literatura virtual y física de la Administración del Mantenimiento

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Orígenes de la Planta de Producción Fertilizantes M.C.V.

La Planta de Fertilizantes fue construída en 1970 por la firma McKEE, con diseño de la STAMICARBON NV, una subsidiaria de la DUTCH STATE MINES (DSM) Posteriormente fue cambiado el sistema de granulación, de “pug mill” se avanzó a tambor granulador en 1999 bajo la asistencia tecnológica de la firma ACT (Applied Chemical Technology, Inc) para ampliar su capacidad y facilitar la elaboración de nuevas formulaciones. Entre los años 2000 y 2002 se realizaron algunas modificaciones al diseño por personal de la empresa, tendientes a mejorar el proceso de fabricación y la calidad del producto final.

La planta está en capacidad de producir fertilizantes complejos N.P.K. en distintas composiciones, dependiendo de los requerimientos de los clientes. La capacidad instalada garantiza una producción para los complejos N.P.K. entre 600 y 1500 toneladas/día, según el grado requerido, dependiendo directamente de la producción de Melt (fase líquida), del reciclaje y del inventario de materias primas (fase sólida)

3.1.2 Fertilizantes Complejos

Un fertilizante complejo se define como aquel que contiene por lo menos dos de los tres nutrientes básicos para los cultivos: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Estos fertilizantes pueden ser granulados o mezclados. En planta 12, se producen fertilizantes complejos NPK granulados, los cuales contienen los nutrientes integrados en cada gránulo.

3.1.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS FERTILIZANTES COMPLEJOS

➤ ETAPA DE DISOLUCIÓN

En esta sección de la Planta se hace la disolución de la roca fosfórica con el ácido nítrico en 3 vasijas provistas cada una con sus agitadores. El producto disuelto es depositado en un tanque para posteriormente ser enviado a la etapa de Precipitación. Esta sección posee su propio sistema de extracción de gases.

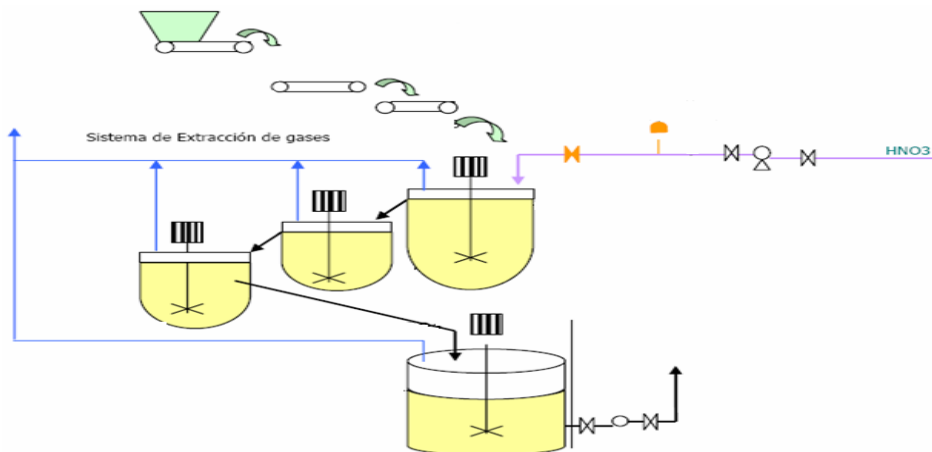


Ilustración 18, Esquema Etapa de Disolución

➤ ETAPA DE PRECIPITACIÓN

La Sección de precipitación consta de 4 reactores con sus agitadores que trabajan por rebose. Allí se adiciona sulfato de Amonio a la solución que llega de la etapa anterior con el fin de precipitarle el calcio que esta contiene.

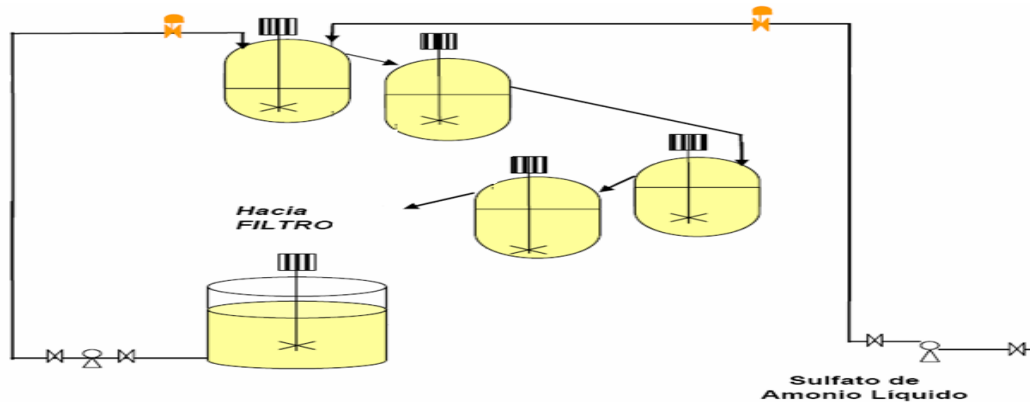
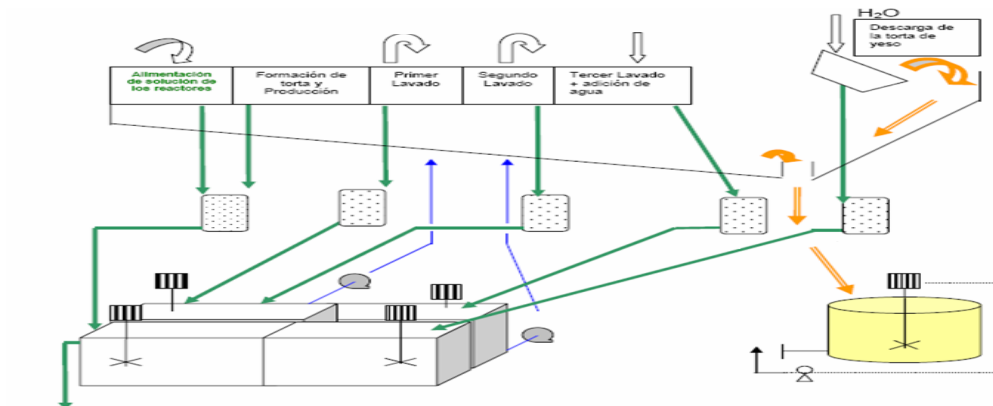


Ilustración 19, Esquema Etapa de

Precipitación

➤ ETAPA DE FILTRACIÓN

En esta etapa, mediante una acción de lavado en 3 etapas con un filtro y un tanque de 4 compartimientos se retira el Calcio del sistema en forma de Yeso diluído en agua. Hasta aquí se obtiene el componente Fósforo totalmente limpio.



Filtración

Ilustración 20, Esquema Etapa de

➤ ETAPA DE NEUTRALIZACIÓN

El componente Nitrógeno se obtiene en la etapa de Neutralización adicionando mas o menos Amoníaco con Ácido Nítrico, Ácido Fosfórico o Agua en la vasija neutralizadora y conseguir la relación Nitrógeno / Fósforo según la fórmula a producir. Esta sección también está provista, aún cuando no se muestra en el esquema de un sistema para el lavado de sus gases que se comparte, con el Sistema de Granulación.

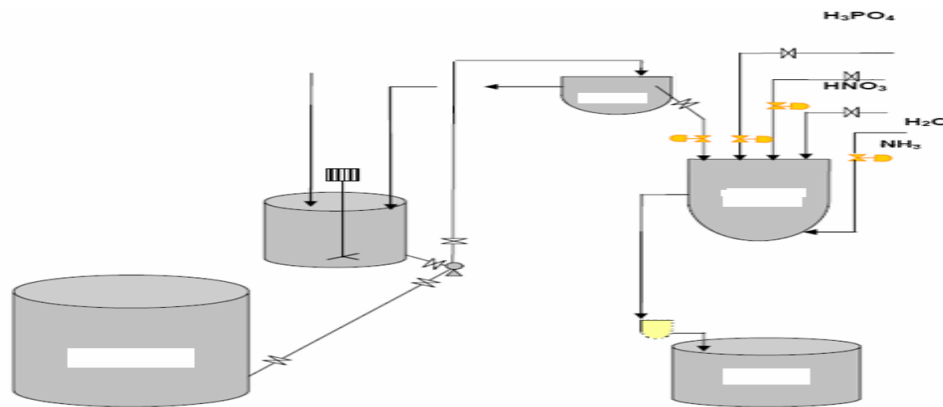


Ilustración 21, Esquema Etapa de

Neutralización

➤ ETAPA DE EVAPORACIÓN

En la etapa de Evaporación se extrae la humedad de la solución neutralizada convirtiéndola en Melt. Este sistema funciona con 5 evaporadores cada uno con su separador y un tanque provisto de un serpentín interior de calentamiento con vapor y en el que se deposita el producto final de la llamada Zona Húmeda de la Planta

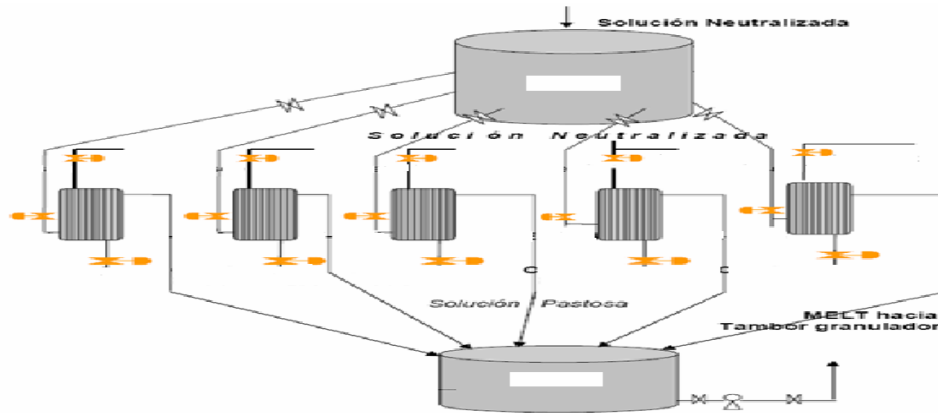


Ilustración 22, Esquema Etapa de

Evaporación

➤ ETAPA DE GRANULACIÓN

La Zona Seca comienza con la etapa de granulación en la que a un tambor rotatorio llega una camada de producto granulado conteniendo fundamentalmente el tercer componente, el Potasio a través del Cloruro de Potasio KCL.

Esta camada es irrigada con Melt y vapor para obtener los granos de fertilizantes compuestos. **Su sistema de extracción de polvos es compartido con el del de la Etapa de Neutralización.**

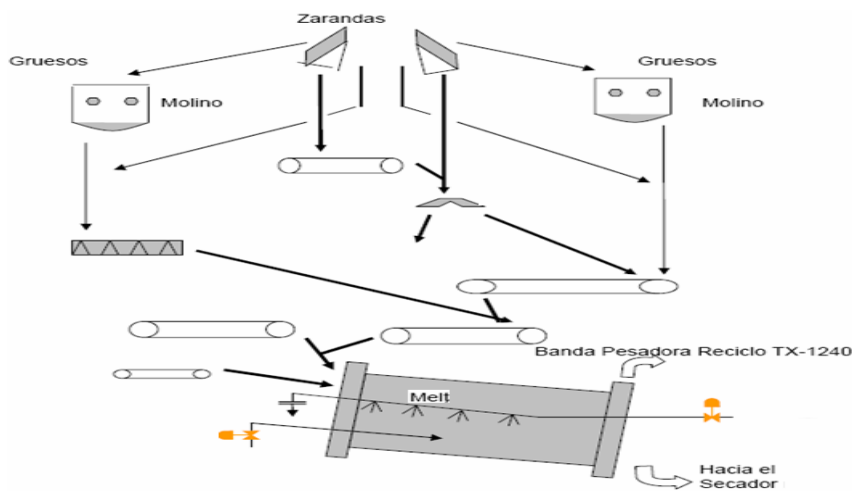


Ilustración 23, Esquema Etapa de

Granulación

➤ ETAPA DE SECADO

Posterior a la granulación se tiene la Etapa de Secado compuesta de un tambor rotatorio en el que se seca el producto por la acción calorífica de un horno ubicado a su entrada.

A continuación del tambor sigue un sistema de bandas y un elevador de cangilones que llevan el producto hasta la etapa siguiente.

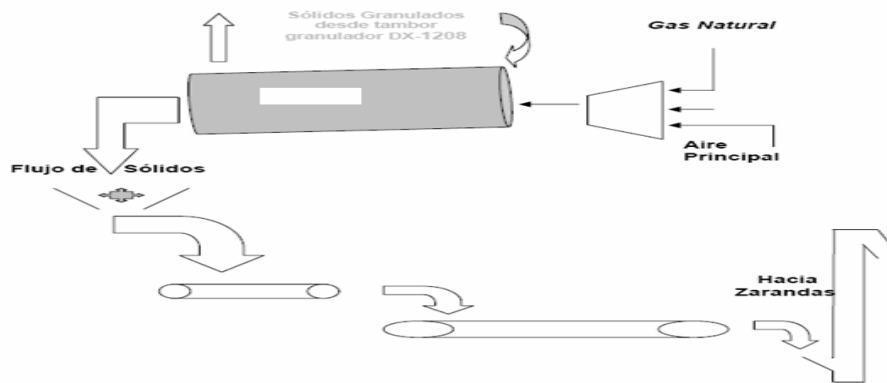


Ilustración 24, Esquema Etapa de

Secado

➤ ETAPA DE CLASIFICACIÓN Y MOLIENDA

Por la acción de unas zarandas en constante movimiento se hace la clasificación del tamaño de los gránulos de fertilizante.

Los granos gruesos regresan al proceso después de una molienda. Los granos finos también regresan al proceso. Y los granos de tamaño óptimo (entre 2 y 5 milímetros de diámetro) siguen la ruta del producto final hacia la siguiente etapa.

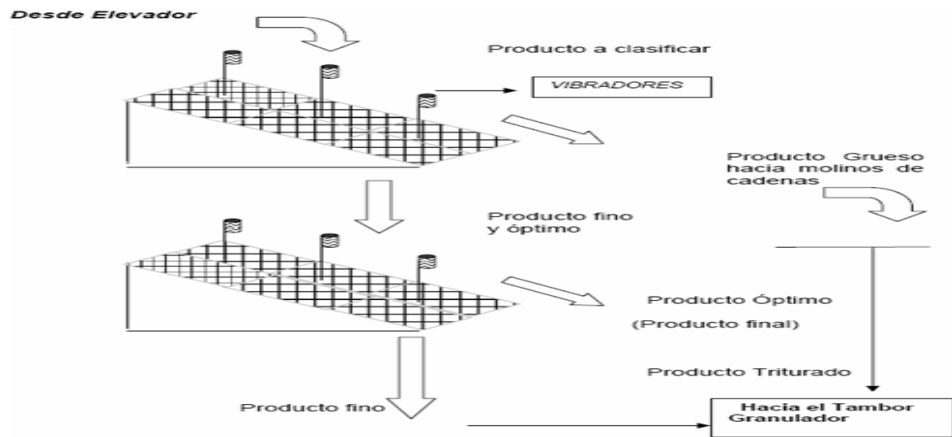


Ilustración 25, Esquema Etapa de Clasificación y

Molienda

➤ ETAPA DE ENFRIAMIENTO

Esta etapa funciona con la acción de un poderoso soplador de 100 HP jalonando una corriente de aire de la atmósfera que pasa a través de un tambor rotatorio enfriando la camada de producto que viaja por su interior.

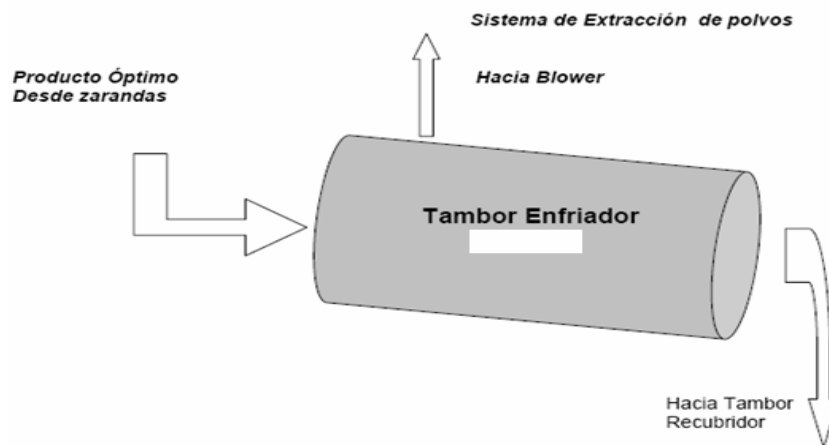


Ilustración 26, Esquema Etapa de Enfriamiento

➤ ETAPA DE RECUBRIMIENTO

El proceso, llega a su final en esta etapa en la que el producto frío llega a un tambor rotatorio y se le adiciona cal y aceite solvente con el que se minimizan las tendencias a la degradación y compactación.

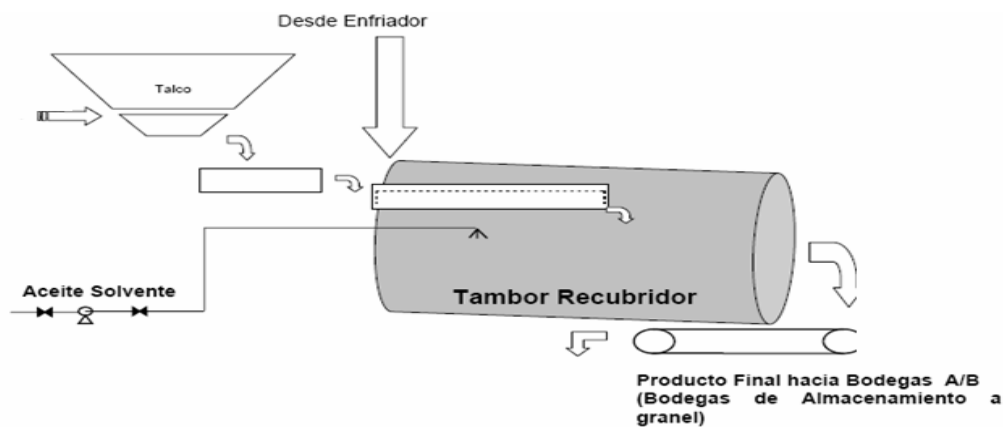


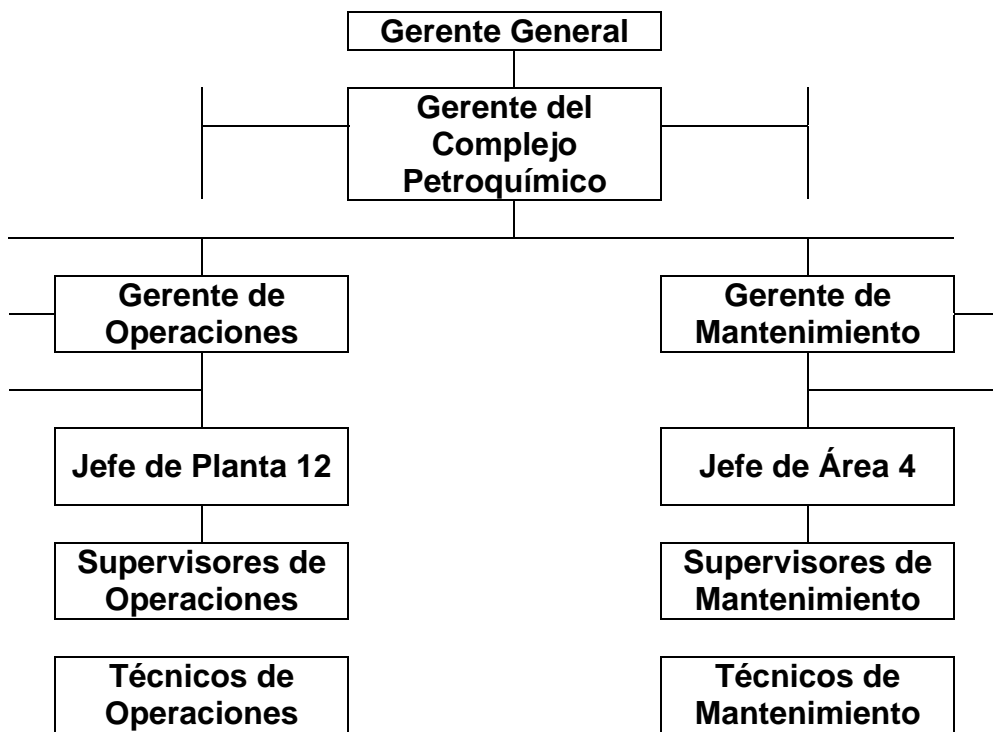
Ilustración 27, Esquema Etapa de Recubrimiento

3.2 Marco Organizacional

La Planta de Fertilizantes tiene un Jefe de Planta quien responde por los compromisos operacionales y de producción y un Jefe de Área de Mantenimiento quien responde por los compromisos de disponibilidad mecánica.

Ambos dependen de la Gerencia del Complejo Petroquímico a través de sus Gerentes de línea de Operaciones y de Mantenimiento respectivamente.

A continuación, se muestra la ubicación de los funcionarios de la Planta de



Fertilizantes en el mapa organizacional reducido de la Compañía.

Ilustración 28, Sección de Organigrama¹.

3.3 MARCO CONCEPTUAL

¹ Fuente: Gestión Humana MCV.

-Fertilizante: Sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal a partir de los elementos esenciales NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)

-Compactación: Fenómeno que se produce con la adhesión de los granos de fertilizantes unos con otros. Es causada por un mal recubrimiento o por condiciones de temperatura no deseadas.



Ilustración 29, Producto sin compactación.

-Tambor recubridor: Equipo rotatorio compuesto por un cilindro de espesor, diámetro y longitud determinados. Posee una corona circular dentada con la que recibe un movimiento radial proporcionado por un sistema motriz (motor, reductor y correas). En sus extremos posee dos puntos de apoyo mediante llantas metálicas que descansan sobre dos ruedas que giran libres. Interiormente posee una serie de aletas o levantadores distribuidos de forma tal que obligan a la camada de producto a entrar en contacto con el talco y aceite que se le inyectan a través de boquillas o rociadores. Al momento de su instalación se le proporciona un ángulo de inclinación con el cual se garantiza una evacuación del producto después de un tiempo de residencia determinado dentro del tambor.



Ilustración 30, Sistema motriz y llantas del tambor Granulador

- **Tambor granulador:** Equipo rotatorio compuesto por un cilindro de espesor, diámetro y longitud determinados. Posee una corona circular dentada con la que recibe un movimiento radial proporcionado por un sistema motriz (motor, reductor y correas). En sus extremos posee dos puntos de apoyo mediante llantas metálicas que descansan sobre dos ruedas que giran libres. Interiormente se

encuentra forrado por 11 tiras de caucho con una lona las cuales impiden la adherencia del producto al tambor. Posee un ángulo de inclinación con el cual se garantiza una evacuación del producto después de un tiempo de residencia determinado dentro del tambor.

- **Grado de Fertilizante:** Se refiere a la composición química o fórmula del grano de fertilizante medida en porcentajes de sus componentes básicos NPK. Por ejemplo, el

30-6-0 se refiere a un grado de fertilizante que posee un 30% de Nitrógeno, 6% de Fósforo y 0% de Potasio.



Ilustración 31, Fertilizante compuesto.

- **Sistema de unidades:** Los datos de mantenimiento y procesos para el presente proyecto serán dados en el Sistema Métrico Internacional, y el siguiente sistema de unidades será utilizado en toda la documentación del proyecto:

Variable	Unidad
Temperatura	°C
Presión	Kg/cm ² , Inch de H ₂ O
Volumen de liquido	m ³
Volumen de gas	Nm ³ (a 0°C y 1,033 Kg/cm ²)
Flujo de gas	Nm ³ /h, CFM, Kg/h, lb/h
Flujo de liquido	m ³ /h, kg/h, lb/h
Densidad	Kg/m ³ , lb/pie ³
Capacidad calorífica	kJ/kg-°C
Entalpía	Kcal/Kg
Calor	kW, Btu/h
Potencia eléctrica	kW, HP
Velocidad	m/s, ft/min

Viscosidad	cP
Área	m ² , Pie ²
Dimensiones de equipos	mm
Longitud de tuberías	mm
Tamaño de boquillas y Bridas	Pulg
Diámetro de tuberías	Pulg, mm

Tabla 24, Unidades normalmente utilizadas.²

- **Diagrama Pert:** Representación gráfica de las relaciones entre las tareas de un proyecto que permite calcular los tiempos de las tareas del proyecto en forma sencilla.

- **Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF):** Relación entre el producto de los tiempos de operación de un componente y el número total de fallas detectadas en esos componentes en el período observado.

- **Parada de Planta:** Servicio de mantenimiento que se hace a equipos importantes dentro del proceso productivo y que requieren interrupción de la producción.

- **Tiempo medio de Reparación (MTTR):** Tiempo promedio para restaurar la función de un componente después de una falla funcional. Se obtiene dividiendo el tiempo total de las reparaciones, incluida la etapa de planeación, entre el número total de fallas en un sistema.

4. ADMINISTRACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN MONÓMEROS

Para el cumplimiento de los compromisos comerciales que se hace la empresa con sus clientes en lo que tiene que ver con la entrega oportuna y satisfaciendo las variables de cantidad y calidad de sus productos, se requiere una disponibilidad

² Grupos de Ingeniería Química y Confiabilidad MCV

mecánica de los equipos de la Planta de Fertilizantes Complejos no inferior al 90%, y en algunos casos de equipos con Stand-By, del 99%.

El logro de estos objetivos de mantenimiento, que responden a las expectativas de Producción, las cuales a su vez son coherentes con los compromisos comerciales, sólo son posibles a la Teoría del “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” que hace algunos años se implementó en la Compañía.

Luego de su puesta en marcha, se han obtenido resultados tales como:

- Superación de los récords de producción con calidad en todas las Plantas de productos finales o intermedios de la Compañía.
- Posibilidad de la Gerencia Corporativa Comercial de adquirir mayores compromisos con los clientes y de hacer búsqueda de nuevos mercados nacionales o internacionales.
- Incremento de los ciclos de producción.
- Disminución de las Paradas Generales del Complejo y de las Reparaciones Mayores de Equipos Críticos.
- Aumento de los márgenes de utilidad por líneas de producto.
- Disminución de accidentes con pérdida de días.

En Monómeros, el marco para la implementación de esta herramienta del mantenimiento fue propicio, dado que se contó con el apoyo de la Alta Dirección de la Compañía, se contaba con funcionarios en el Nivel Táctico que a través del Benchmarking conocieron, adaptaron y presentaron con resultado satisfactorio el Nuevo Plan de Mantenimiento, y funcionarios en el Nivel Operativo capaces de interpretar el postulado.

En la Planta de Fertilizantes existen equipos cuya injerencia en la producción es tan alta que pueden ocasionar trastornos graves en la misma si llegaren a fallar. La

compra o el mantenimiento de los equipos Stand-By podría resultar más costoso que el adoptar un programa de mantenimiento predictivo, como el que se tiene en el momento, con el cual se analiza toda la información correspondiente al mismo, resume sus modos de falla, las intervenciones realizadas y el resultado de las mismas.

Por otro lado, también se considera la participación de los gastos de mantenimiento en el costo unitario de los productos para estudiar la posibilidad de disminuir esa participación y lograr una producción con mayores márgenes de rentabilidad.

5. ANÁLISIS DE LIMITACIONES MECÁNICAS Y OPERACIONALES

5.1 LIMITACIONES OPERACIONALES

- En la actualidad, la Planta productora de Fertilizantes Complejos de Monómeros Colombo-Venezolanos S.A. presenta limitaciones para la producción de algunos grados debido a que con el esquema actual no es posible mantener la temperatura en el producto final por debajo de los 44°C; variable importante para eliminar la tendencia a la compactación.

- Existe un grado, el 28-4-0-0-6 cuya producción se encuentra limitada por la capacidad de amoniación de la actual V-1217.

5.2 DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS Y LIMITACIONES MECÁNICAS

Con el fin de armonizar los elementos operacionales y mecánicos que ayuden a determinar los componentes que en un momento dado son pilares para garantizar la

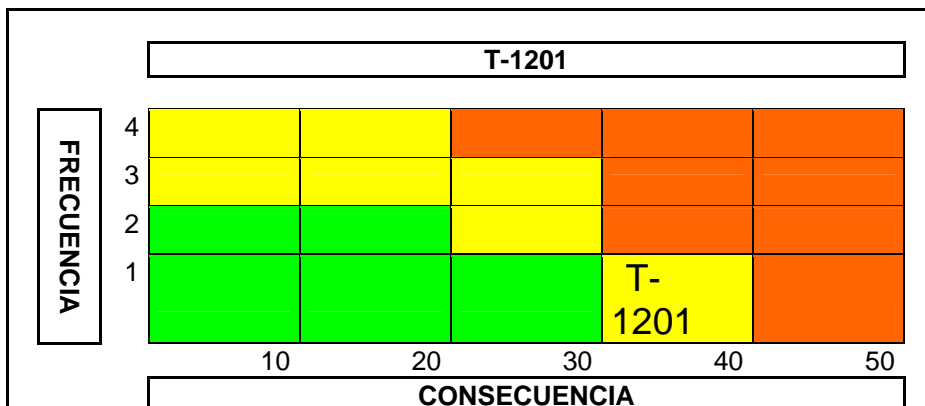
disponibilidad mecànica y por ende la Producción, se realiza el presente estudio que resume los elementos del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

5.2.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para el presente estudio, el Grupo Investigador utilizó la herramienta llamada **MODELO DE CRITICIDAD DE FACTORES PONDERADOS BASADO EN EL CONCEPTO DE RIESGO** el cual identifica la criticidad de un componente como el resultado de Frecuencia de sus Fallas en un periodo por las Consecuencias de esta Falla. La asignación de valores de criticidad, ayuda a la Organización a direccionar y optimizar hacia lo prioritario los limitados recursos del Mantenimiento luego de conocer el impacto del componente sobre la producción desde el punto de vista económico, higiene –ambiental y operacional.

Para tal fin se tomaron los equipos más representativos de cada sección de la Planta y de ellos se obtuvieron los siguientes datos.

➤ ETAPA DE DISOLUCIÓN

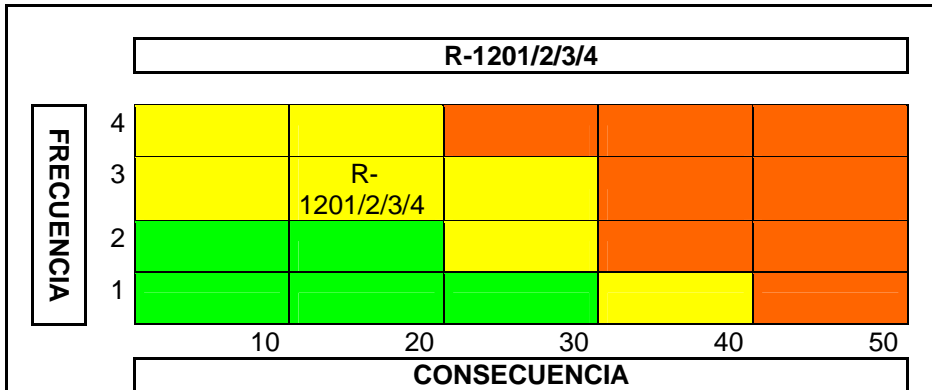


--

T-1201	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Críticidad Total = 36	

Tabla 25, Análisis de Críticidad T-1201

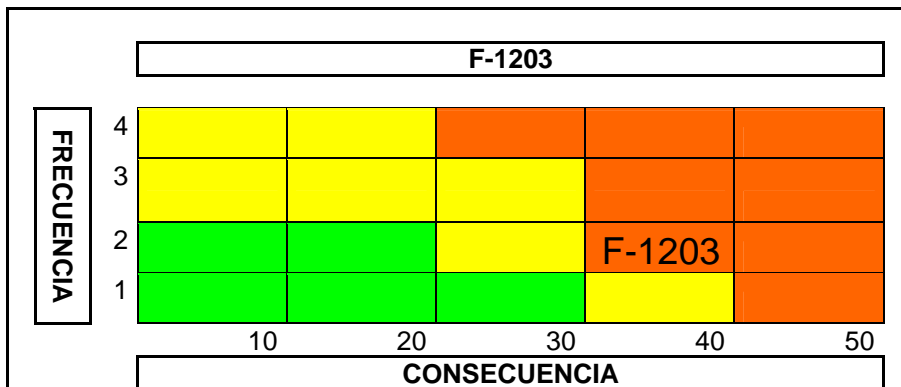
➤ **ETAPA DE PRECIPITACIÓN**



R-1201/2/3/4	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Críticidad Total = 36	

Tabla 26, Análisis de Críticidad Reactores

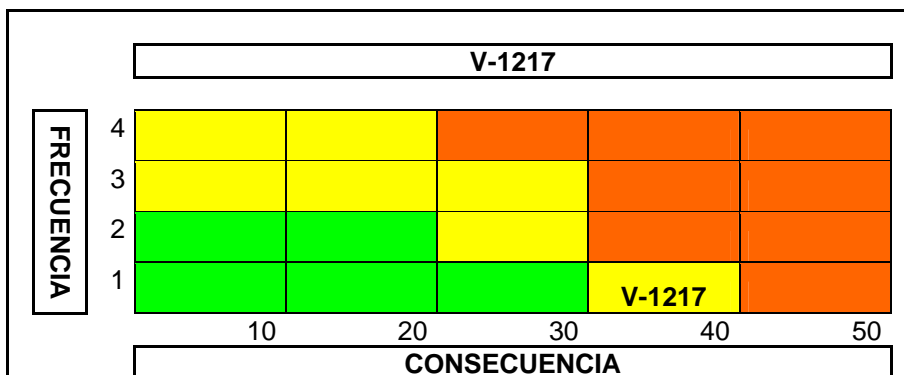
➤ **ETAPA DE FILTRACIÓN**



F-1203	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Críticidad Total = 70	

Tabla 27, Análisis de Críticidad en Filtración

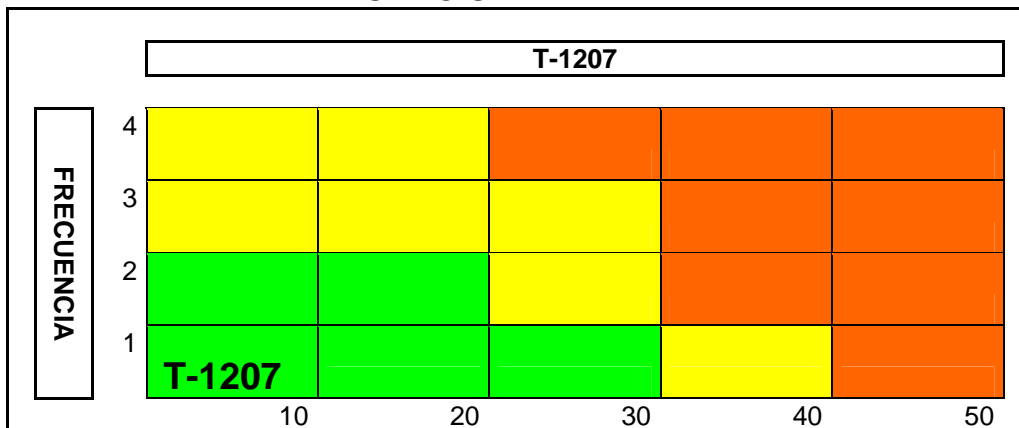
➤ ETAPA DE NEUTRALIZACIÓN



V-1217	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Criticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Criticidad Total = 36	

Tabla 28, Análisis de Criticidad en Neutralización

➤ ETAPA DE EVAPORACIÓN

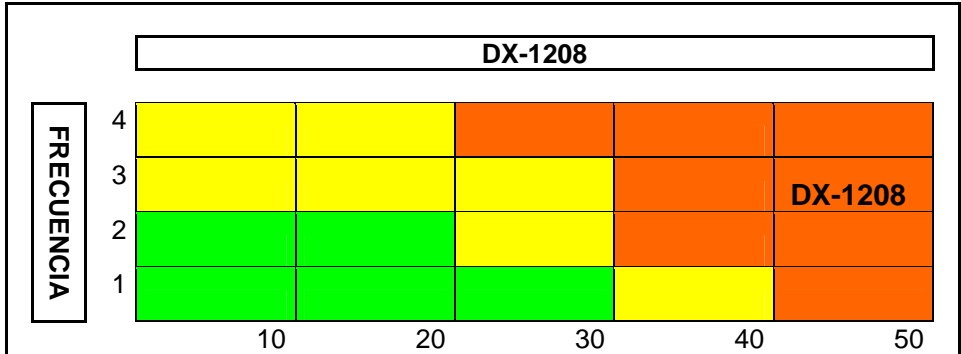


CONSECUENCIA

T-1207	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
<i>Excelente: Menos de 0.5 fallas por año</i>	<i>1</i>
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
<i>Impacta en niveles de inventario o calidad</i>	<i>4</i>
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
<i>No existe opción de producción y no hay función de repuesto</i>	<i>4</i>
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
<i>Inferior a \$US 20.000</i>	<i>1</i>
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
<i>Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)</i>	<i>3</i>
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Críticidad Total = 20	

Tabla 29, Análisis de Críticidad en Evaporación

➤ **ETAPA DE GRANULACIÓN**

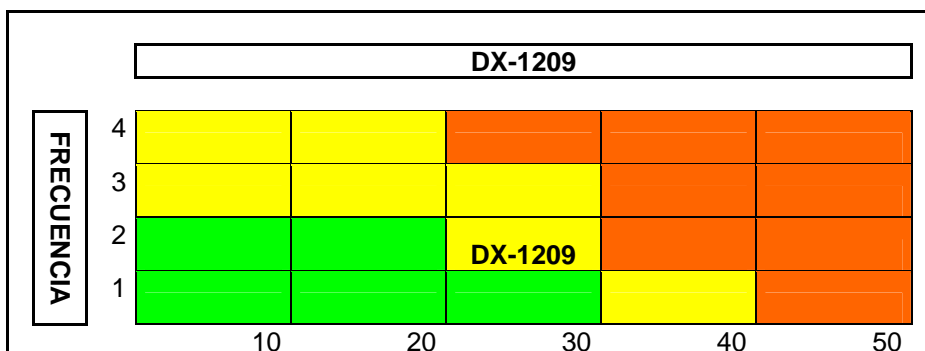


CONSECUENCIA

DX-1208	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$	
$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de Mantenimiento} + \text{Impacto SAH}$	
Criticidad Total = 135	

Tabla 30, Análisis de Criticidad del Granulador

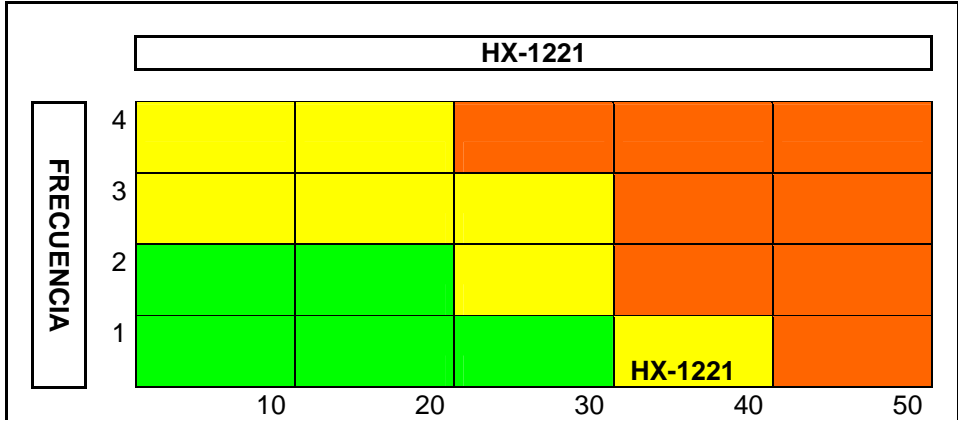
➤ **ETAPA DE SECADO**



CONSECUENCIA

DX-1209	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$	
$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de Mantenimiento} + \text{Impacto SAH}$	
Criticidad Total = 60	

Tabla 31, Análisis de Criticidad del Tambor Secador



CONSECUENCIA

HX-1221

FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1

IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1

COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1

IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1

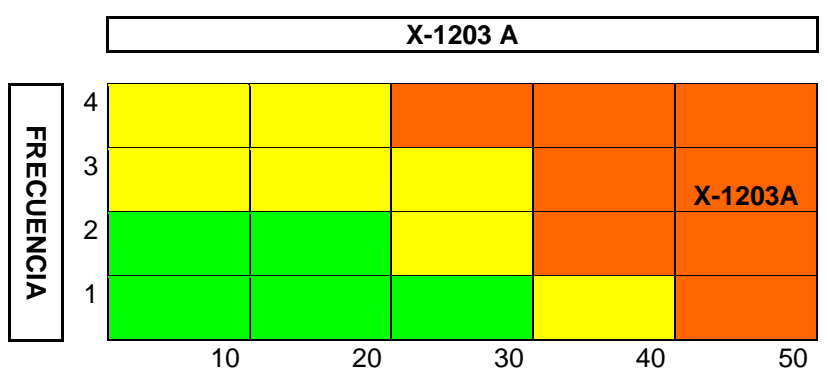
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia

Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH

Críticidad Total = 32

Tabla 32, Análisis de Críticidad del Horno

➤ ETAPA DE CLASIFICACIÓN Y MOLIENDA



CONSECUENCIA

X-1203 A

FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1

IMPACTO OPERACIONAL	
Pèrda de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1

COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1

IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1

Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia

Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH

Críticidad Total =135

Tabla 33, Análisis de Críticidad del Elevador de Cangilones

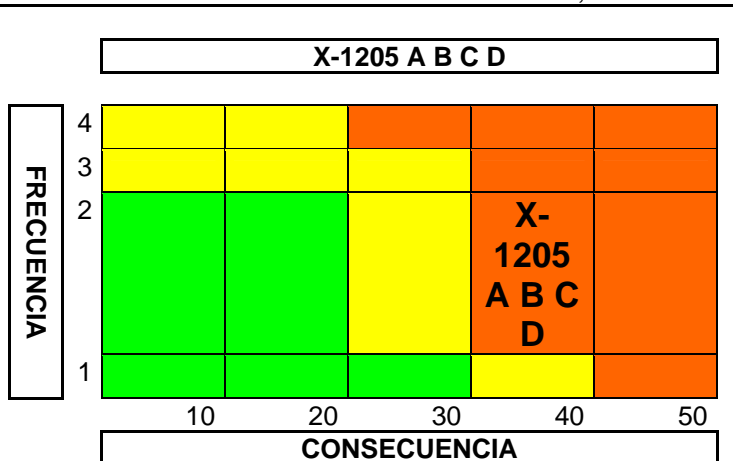
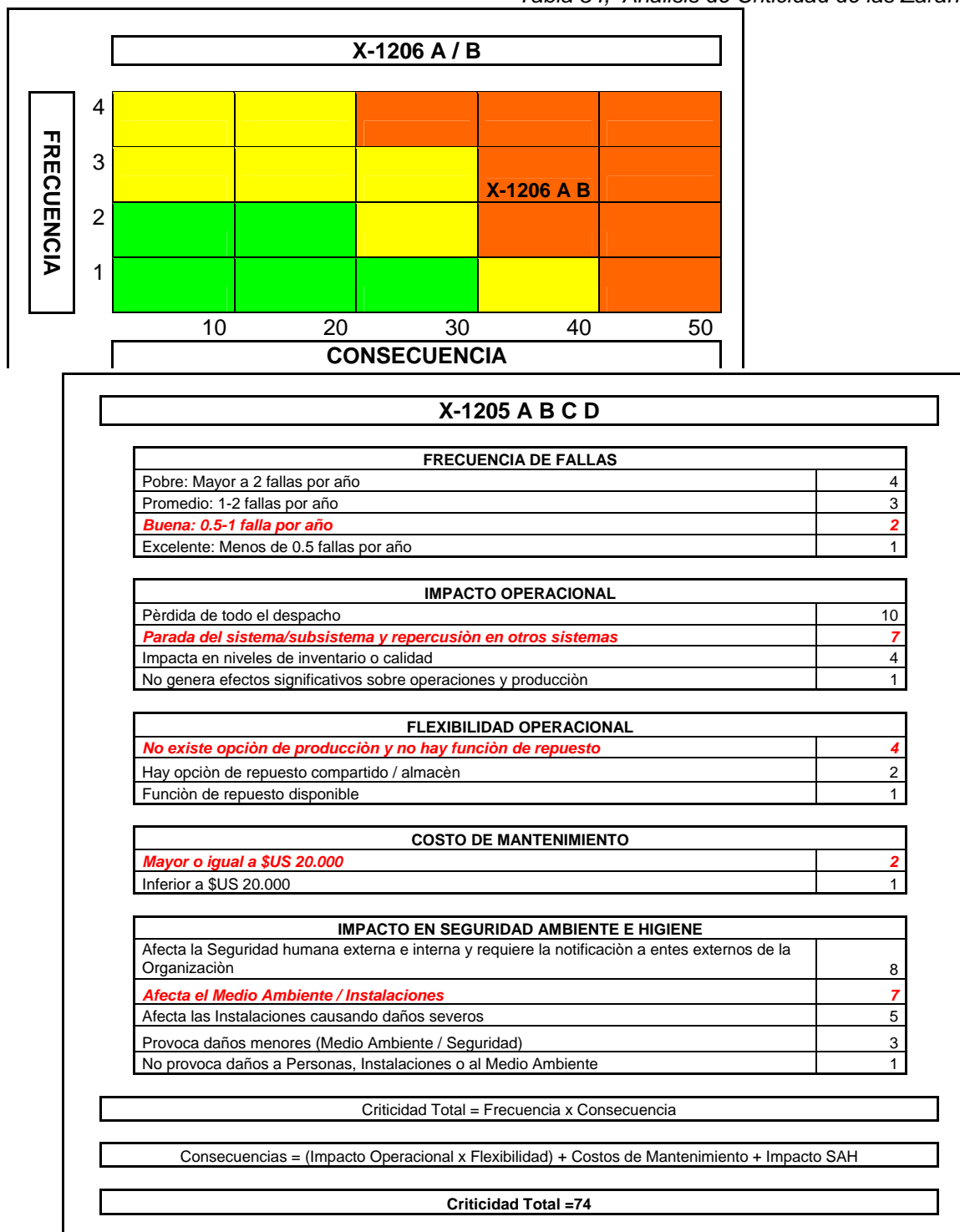


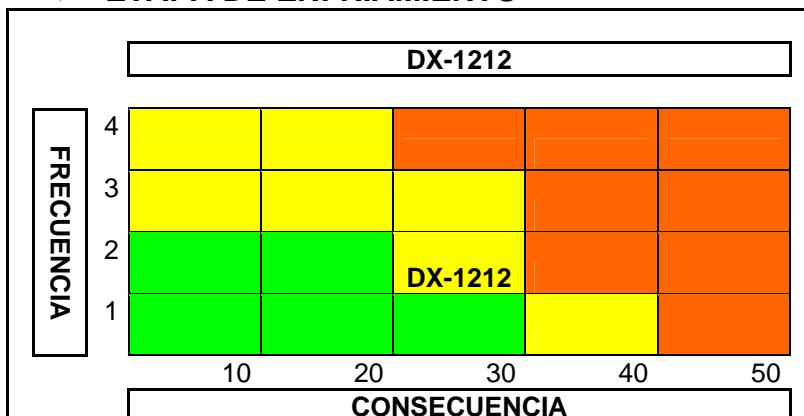
Tabla 34, Análisis de Criticidad de las Zarandas



X-1206 A / B	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
$\text{Críticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$	
$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de Mantenimiento} + \text{Impacto SAH}$	
Críticidad Total =99	

Tabla 35, Análisis de Críticidad de los Molinos

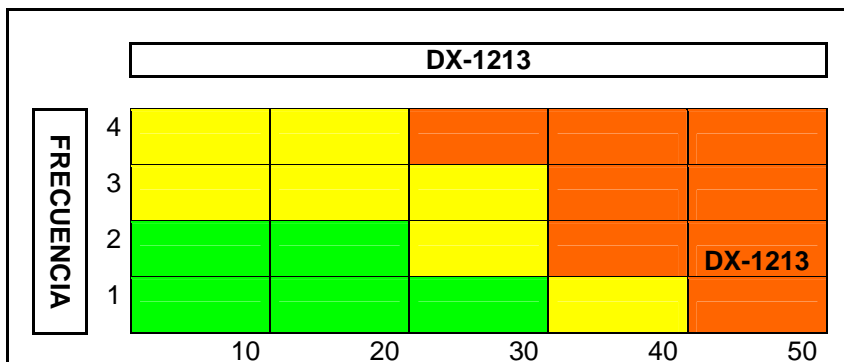
➤ **ETAPA DE ENFRIAMIENTO**



DX-1212	
FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1
Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia	
Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH	
Críticidad Total = 60	

Tabla 36, Análisis de Críticidad Tambor Enfriador

➤ ETAPA DE RECUBRIMIENTO



CONSECUENCIA

DX-1213

FRECUENCIA DE FALLAS	
Pobre: Mayor a 2 fallas por año	4
Promedio: 1-2 fallas por año	3
Buena: 0.5-1 falla por año	2
Excelente: Menos de 0.5 fallas por año	1

IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema/subsistema y repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera efectos significativos sobre operaciones y producción	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1

COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a \$US 20.000	2
Inferior a \$US 20.000	1

IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la Seguridad humana externa e interna y requiere la notificación a entes externos de la Organización	8
Afecta el Medio Ambiente / Instalaciones	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Medio Ambiente / Seguridad)	3
No provoca daños a Personas, Instalaciones o al Medio Ambiente	1

Críticidad Total = Frecuencia x Consecuencia

Consecuencias = (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto SAH

Críticidad Total = 84

Tabla 37, Análisis de Críticidad Tambor Recubridor

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CRÍTICIDAD

Se estudiò la criticidad de los 13 Equipos principales de cada Sección de Producción de la Planta de Fertilizantes Complejos obteniendo como valores mas elevados (135), el tambor Granulador DX-1208 y el Elevador de Cangilones X-1203.

Aunque con valores menos elevados, se ubican en la Zona de Criticidad (rojo en las gráficas):

- X-1205 A/B/C/D (Zarandas)
- X-1206 A/B
- DX-1213
- F-1203

Se obtuvieron valores de Mediana Criticidad para los siguientes equipos (Amarillo en las gráficas):

- DX-1212
- DX-1209
- V-1217
- T-1201
- R-1201/2/3/4
- HX-1221

No obstante su importancia dentro del Proceso, el Estudio arrojò Equipos con No Criticidad. Normalmente la estrategia de mantenimiento que se aplica a estos equipos es dejarlos funcionar hasta la falla. Èste aparece de verde en las gráficas y es el:

- T-1207

A continuación se muestra la Hoja Resumen del anterior estudio

HOJA DE RESUMEN DE PONDERACIÓN DE VARIABLES

ÍTEM	TAG EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS	CONSECUENCIA				VALOR DE CRITICIDAD
			Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantto	Impacto en SAH	Total Equipo (D x E) + F + G
1	F-1203	2	7	4	2	5	70
2	HX-1221	1	7	4	1	3	32
3	R-1201/2/3/4	3	4	1	1	7	36
4	T-1207	1	4	4	1	3	20
5	T-1201	1	7	4	1	7	36
6	V-1217	1	7	4	1	7	36
7	DX-1208	3	10	4	2	3	135
8	DX-1209	2	7	4	1	1	60
9	DX-1212	2	7	4	1	1	60
10	DX-1213	2	10	4	1	1	84
11	X-1203	3	10	4	2	3	135
12	X-1205A/B/C/D	2	7	4	2	7	74
13	X-1206 A/B	3	7	4	2	3	99

Tabla 38, Resumen Estudio de Criticidad

5.2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A EQUIPOS CRÍTICOS DE LA PLANTA DE FERTILIZANTES

Teniendo en cuenta que existe correlación entre las limitaciones de las 2 áreas de producción (Neutralización y Enfriamiento) y la mediana y alta criticidad de los principales equipos de estas secciones demostrada en el presente estudio, como son:

V-1217 Vasija Neutralizadora la cual comparte su sistema de lavado de gases con el de extracción de polvos del DX-1208 a través del B-1212

DX-1212 Tambor Enfriador

DX-1208 Tambor Granulador,

el grupo investigador se centra en estudiar los datos históricos de estos equipos para determinar el tipo de Fallas que en un momento determinado puedan estar afectando su Función.

➤ **TAMBOR GRANULADOR**

FUNCIÓN PRINCIPAL:

- Realizar una adecuada mezcla entre la camada de producto seco y el vapor y Melt que se adicionan a ésta.

FUNCIONES SECUNDARIAS:

Contener el producto durante un tiempo y condiciones determinados.

Recibir el producto proveniente de un sistema de bandas y descargarlo a través de un ducto al tambor Secador.

MODO DE FALLAS Y ANÁLISIS DE EFECTOS MFAE

TAMBOR GRANULADOR DX-1208		
----------------------------------	--	--

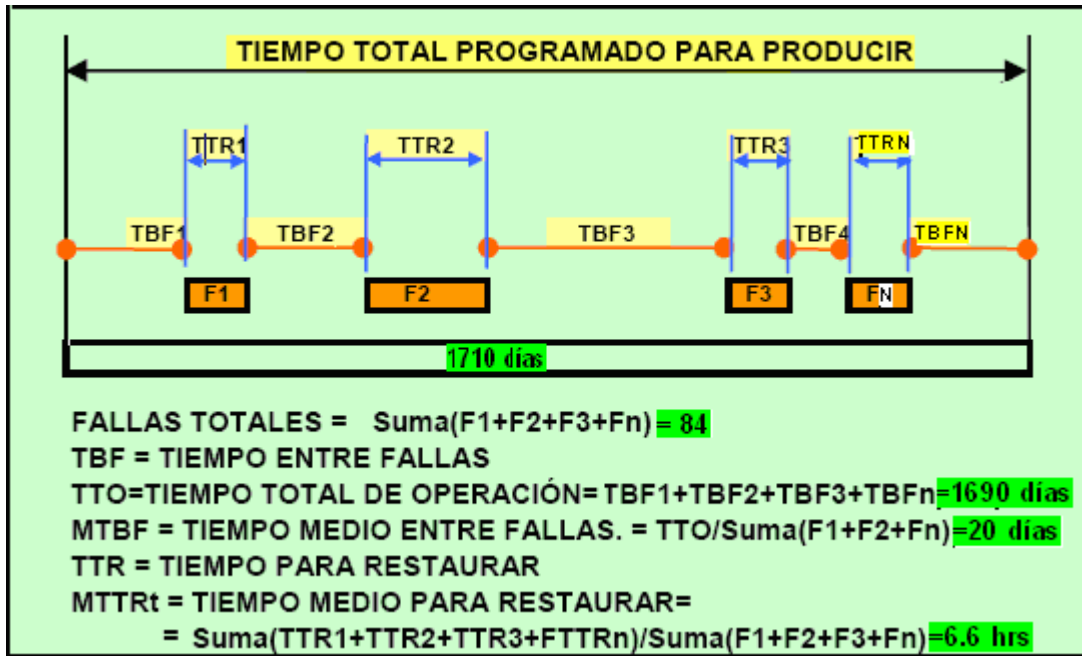
PARTE OBJETOS DEL EQUIPO	SÍNTOMAS DE LA AVERÍA / MODOS DE FALLA	CAUSAS GENERALES DE MANTENIMIENTO
Acople	Revisión menor programada	Parada programada de Planta
Anclaje	Revisión mayor programada	Programa de Mantenimiento preventivo
Base Civil	Reemplazo programado	Programa de SMS
Base metálica	Prueba - Calibración	Recuperación para uso posterior
Bomba de lubricación	Modificación al diseño	Mejora en la producción / mantenimiento

Casco	Agarrotamiento-No gira	Deterioro normal por uso
Catalina	Alta temperatura de descarga	Reemplazo programado
Chute de alimentación	Arranque intempestivo	Diseño inadecuado
Chute de descarga	Baja presión de aceite	Revisión mayor programada
Cojinete / Rodamiento axial	Corrosión atmosférica	Reemplazo programado
Cojinete / Rodamiento radial	Corrosión por producto	Modificación al diseño
Correa	Daño mayor	Prueba-calibración
Enfriador de aceite	Deficiencia estructural	Error de fabricación
Engranaje	Deformación, distorsión	Error de ensamble
Filtro de aceite	Desalineamiento	error de montaje
Junta de tuberías	Descarga excesiva	Repuestos de calidad inadecuada
Lámina de caucho	Descarga inestable	Error de documentación
Llanta	Descarga insuficiente	Error administrativo
Lubricante	Descarrilamiento-posición inadecuada	
Motor eléctrico	Deterioro-Rotura	
Polea	Escape de lubricante	
Reductor	Escape de producto	
Resorte	Lubricante-nivel incorrecto	
Rodillo	Lubricante contaminado / deteriorado	
Rodilla de carga axial	No enciende-No arranca	
Sello de lubricante	No indica-indicación errónea	
Sistema de calentamiento	No para-no apaga	
Sistema de control	Parada intempestiva	
Sistema de enfriamiento	Producto fuera de especificaciones	
Sistema de lubricación	Punto caliente	
Sistema de monitoreo	Ruido anormal	
Sistema hidráulico	Sobrecalentamiento	
Sistema neumático	Soltura-desconexión	
Soplador primario	Vibración excesiva	
Soplador secundario		
Tambor		
Tanque de aceite		
Tubería		
Válvula de bloque		
Variador de velocidad		

Tabla 39, MFAE del Tambor Granulador

BASE DE DATOS DE FALLAS DEL TAMBOR GRANULADOR

A continuación se muestra el historial de trabajos ejecutados en el Granulador del 28 Noviembre 2002 al 28 Agosto 2007 del cual se puede deducir lo siguiente:



Tarea	Título	Causa	Descripción	Origen de la falla	Actividad realizada / Tiempo de reparación (hrs)	Fecha de completión
01	Corregir escape de la flauta de vapor de 1-1/2 y cambiar válvula de la línea de purga		Corregir escape de la flauta de vapor y cambiar válvula de la línea de purga de 1/2		/ 5	28/11/2002
02	Reparación línea de vapor.		Reparación de flauta de vapor.		/ 3	28/11/2002
03	Cortinas de caucho deterioradas.		Cambio de cortinas de protección del cabezal de MELT.		/ 3	10/12/2002
04	Taponamiento de boquillas aspersoras.		Fabricar pullas para destapar boquillas aspersoras.		/ 2	10/12/2002
05	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cauchos protectores de cabezal de MELT deteriorados.		Cambiar cortinas de caucho.		/ 3	30/12/2002
06	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cauchos protectores de cabezal de MELT deteriorados.		Cambiar cortinas de caucho.		/ 3	30/12/2002
07						
08	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cambio de válvula de línea de agua.		Cambio de válvula de 1" de H2O en mal estado.		/ 2	30/12/2002
09	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cambio de ventilador de extracción de polvo.		Cambio del ventilador –de extracción de polvo.		/ 4	30/12/2002
10	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cambio de cabezal		Cambio de cabezal de MELT.		/ 8	30/12/2002

	del MELT.				
11	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Flauta de vapor rota.		Reparar flauta de vapor.	/ 4	30/12/2002
12	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Cauchos rotos.		Cambio de cauchos de protección a línea de MELT	/ 3	30/12/2002
13	Trabajo no programado MET PTA12 ZH- Taponamiento en las boquillas de MELT.		Fabricación de pullas para limpieza de boquillas.	/ 2	30/12/2002
14	Cambiar válvula.		Cambiar válvula por encontrarse en mal estado.	/ 2	31/12/2002
15	Cambio de flauta de vapor.		Cambiar flauta de vapor con las respectivas modificaciones para mejorar las condiciones operativas.	/ 4	14/03/2003
16	Cambio de caucho interno y cambio de cortina de caucho.		Cambio de caucho interno y caucho de cortina.	/ 6	14/03/2003
17	Cambio de cauchos		Cambio de cauchos del granulador DX-12008	/ 10	14/03/2003
18	Parada de planta 12 mayo 28/2003- Instalación de bandeja recolectora.		Instalar bandeja recolectora	/ 12	01/07/2003
19	Parada de planta 12 mayo 28/2003- Cambio de correas de transmisión.		Cambio de correas de transmisión se encuentran en mal estado.	/ 2	01/07/2003
20	Reparar flauta de vapor.		Cambiar sección deformada.	/ 3	09/07/2003
21	Cambio de cortinas de caucho.		Cambio de cortinas de caucho que protegen el cabezal de MELT.	/ 3	09/07/2003
22	Cambio de la cortina del cabezal de MELT.		Cambio de la cortina de caucho que protege al cabezal de MELT.	/ 3	09/07/2003
23	Válvula de bloque con espiga.		Cambiar válvula de 2" gate -150#	/ 2	09/07/2003
24	Cambio de caucho central del cabezal de MELT.		El caucho que protege el cabezal de MELT interno de DX-1208 se encuentra en mal estado.	/ 3	23/09/2003
25	Parada de planta 12 de agosto 26 de 2003- cambiar cortinas de caucho.		Cambio de cortinas de caucho.	/ 3	22/12/2003
26	Cambio de caucho interno.		Cambio de caucho interno.	/ 6	23/12/2003
27	Cambio de correas del DX-1208.		Se le cambiaron las correas al granulador por encontrarse en mal estado.	/ 2	23/12/2003
28	Trabajos no programados MET PTA 12. Zona seca 2003. Corregir escape de la línea de vapor.		Cambiar codo en la línea de vapor que entra al DX-1208 por presentar escape y estar altamente desgastado.	/ 2	29/12/2003
29	Cambiar caucho de descarga y cambiar flauta de vapor.			/ 4	17/03/2004
30	Cambio de caucho interno.		Caucho que se rompió y hubo la necesidad de cambiarlo.	/ 4	17/03/2004
31	Cambio de cauchos internos.		Parada programada.	/ 12	17/03/2004
32	Cambio de cauchos internos.		Parada programada.	/ 12	18/03/2004
33	Cambio de caucho interno.		Cambio de caucho interno.	/ 12	02/08/2004
34	Fabricación de nueva línea de MELT.		Fabricar nueva línea de MELT que quedo faltando por hacer, para montar en la siguiente parada.	/ 48	02/08/2004
35	Fabricación nueva línea de calentamiento.		Fabricar nueva línea de calentamiento.	/ 16	02/08/2004

36	Cambio de caucho interno.		Cambio de cauchos que están en mal estado.		/ 12	02/08/2004
37	Montaje de nuevo cabezal de MELT.		Montaje de nuevo cabezal de MELT.		/ 12	02/08/2004
38	Cortinas de caucho deterioradas.		Cambiar cortina de caucho deteriorada.		/ 3	22/09/2004
39	Fabricar línea de condensado.		Fabricar línea de condensado para cambio de línea que se encuentra en mal estado.		/ 24	22/09/2004
40	Ducto de carga con caucho roto.		Cambiar caucho roto en ducto de carga.		/ 4	22/09/2004
41	Mantenimiento de rueda axial.		Desmontar rueda axial lado oeste para su mantenimiento y montar.		/ 4	22/09/2004
42	Cambio de caucho interno.		Cambio de caucho interno.		/ 8	22/09/2004
43	Cambio de correas de transmisión.		Cambio de correas de transmisión, se encuentran en mal estado.		/ 2	22/09/2004
44	Trabajo en línea de MELT.		Trabajos a realizar en la línea de MELT que entra en el granulador.		/ 6	22/09/2004
45	Parada de planta 12 (semana del 12 al 17 de 2004)- Cambio de correas de transmisión.		Cambio de correas de transmisión por encontrarse en mal estado.		/ 2	20/09/2004
46	Modificar chute de descarga.		Modificar chute de descarga según operación.		/ 12	11/11/2004
47	Parada de planta 12 (semana del 8 al 12 de noviembre 2004)- Mantenimiento general del granulador.		Reparar techo cabezal de MELT. Cambiar caucho del ducto de descarga.		/ 8	16/11/2004
48	Parada de planta 12 (diciembre 09/04)- reparaciones varias DRUM.		Instalar nuevo cabezal de MELT.		/ 16	20/12/2004
49	Trabajos no programados PTA 12. Zona seca 2004- Cortina de caucho deteriorada.		Cambiar cortina de caucho protectora del cabezal de MELT deteriorada.		/ 3	28/12/2004
50	Parada de planta 12 (Enero 6 y 7 de 2005)- Cambio caucho interno.		Cambiar caucho interno e instalar caucho de ducto de descarga.		/ 8	12/01/2005
51	Parada de planta 12 (Enero 6 y 7 de 2005)- Cambio de ruedas de carga axial.	Ruido anormal.	Cambio de ruedas de carga axial, se rotaron las dos ruedas.	Operación inadecuada.	Revisión general / 4	25/01/2005
52	Mantenimiento general por parada de planta.		Cambiar cauchos internos y fabricar ducto de recuperación.		/ 16	10/02/2005
53	Línea de succión de gases.		Fabricar línea de agua que entra en succión de gases del DX-1208; la actual se encuentra tapada.		/ 16	11/06/2005
54	Cambio de caucho interno (parada de planta)	Desgaste de lona de.	Cambio de caucho interno por encontrarse en mal estado. Se cambiaron tres secciones de caucho deflectores que se encontraban rotos.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 8	19/07/2005
55	Trabajos no programados MEC PTA-12. Zona seca 2005- Cambio de correas de transmisión.	Falla de la trans. D.	Se cambio el set de correas de transmisión, set de seis correas, estas correas se encontraban cristalizadas y rajadas.	Correas en mal estado.	Cambio correas / 4	09/11/2005
56	Reparación general de cuarto de control del DX-1208		Reparación general de cuarto de control del DX-1208		/ 12	21/01/2006
57	Reemplazo tarjetas dañadas variador de velocidad DX-1208	No arranca	Esta tarea corresponde al retiro de bodega de los diferentes repuestos (tarjetas y fusibles) que se dañaron durante la falla en operación del variador de velocidad del DX-1208	Repuesto inadecuado	Mto a cero horas / 2	04/05/2006
58	Parada programada PTA 12 (29/11/2005)- cambio de válvulas de vapor		Cambio de válvulas de entrada de vapor por encontrarse en mal estado.		/ 2	05/05/2006

59	Cambio de cauchos internos.	Desgaste de lona de.	Cambio de cauchos internos según inspección.	Caucho de descarga en mal estado	Reparación de caucho / 6	12/05/2006
60	Cambio de cauchos del conducto del DX-1208 al DX-1209.		Cambio de cauchos del ducto de descarga del DX-1208 hacia el DX-1209 por encontrarse rotos.		/ 6	15/05/2006
61	Cambio de carcaza.		Cambio de carcaza en mal estado.		/ 12	15/05/2006
62	Modificar soporte cabezal MELT.		Modificar soporte de cabezal de MELT de acuerdo con GIEI y GIQ.		/ 12	15/05/2006
63	Reparación general de parada (9 de Junio).	Desgaste de lona de.	Cambiar cabezal de MELT, cambio del caucho protector y limpieza de las ruedas	Caucho de descarga en mal estado	Cambio de caucho / 16	15/05/2006
64	Cambio de cauchos deflectores.	Desgaste de lona de.	Cambio de cauchos deflectores que se encuentran en mal estado.	Caucho de descarga en mal estado	Reparación de caucho / 3	15/05/2006
65	Cambio de caucho interno (agosto 31)	Desgaste de lona de.	Cambio de cauchos que se encuentren en mal estado.	Desgaste excesivo	Reparación de caucho / 8	15/05/2006
66	Reparar protector del cabezal de MELT.	Temperatura anormal	Se cambia el caucho del protector del cabezal de MELT y se instala una brida ciega en la entrada del mismo.	Desgaste excesivo	Cambio de caucho / 4	18/05/2006
67	Cambio de cauchos internos y caucho del ducto de descarga.	Desgaste de lona de.	Cambio de cauchos deflectores internos de acuerdo a reporte del GIEI y caucho del ducto de descarga hacia el DX-1209.	Desgaste excesivo	Reemplazo de equipo / 4	08/08/2006
68	Trabajos no programados MET PTA 12. Zona seca 2006- Ducto obstruido por caucho.		Retirar sección de caucho desprendido obstruyendo descarga del granulador	Caucho de descarga en mal estado	Reparación de caucho / 3	23/08/2006
69	Cambio de caucho de carcaza del ducto de alimentación	Corrosión externa	Cambio de caucho del ducto de alimentación que se encuentra en mal estado.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 3	26/09/2006
70	Cambio de correas de transmisión.	Falla de la trans. D.	Correas de transmisión en mal estado -Cambiar el set de correas de transmisión.	Correas en mal estado	Cambio de correas / 2	18/01/2007
71	Cambio de correas de transmisión.	Falla de la trans. D.	Correas de transmisión en mal estado -Cambiar el set de correas de transmisión.	Correas en mal estado	Cambio de correas / 2	18/01/2007
72	Trabajo no programado MET. PTA. 12 zona húmeda 2007. Válvula en mal estado SDT-18759	Corrosión externa	Cambiar válvula en mal estado en línea de condensado de vapor de camada.	Atascamiento	Montaje / 2	22/01/2007
73	Trabajo no programado MET. PTA. 12. Zona seca 2007. SDT-19012 Escape de vapor.		Corregir escapes de vapor en camisa de la línea de MELT.		Resanar soldadura / 2	01/02/2007
74	Cambio de cauchos deflectores internos SD-17114.	Desgaste de lona de.	Cambio de cauchos deflectores internos según recomendación del grupo de confiabilidad.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 4	06/02/2007
75	Cambio de cauchos internos		Cambio de cauchos internos de acuerdo con reporte de inspección.		/ 12	16/02/2007
76	Cambio caucho interno.	Desgaste de la lona	Cambio de caucho interno de acuerdo a la inspección durante parada programada	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 12	27/02/2007
77	Cambio caucho roto.	Desgaste de la lona	Cambio de caucho roto N° 8	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 6	22/05/2007
78	Realizar cambio de correas por estar en mal estado SDT-20865.	Falla de la trans. D.	Realizar cambio de correas por estar en mal estado. SDT-20865	Correas en mal estado	Cambio de correas / 2	05/07/2007

79	Caucho deflector en mal estado.	Desgaste de la lona	Se cambian los cauchos 8 y 9 del tambor granulador.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 8	22/05/2007
80	Trabajo no programado MET. PTA. 12. Zona seca 2007. SDT-19012 Escape de vapor.		Cambiar bridas en mal estado en tubería de línea de calentamiento.		Revisión general / 3	22/05/2007
81	Cambio de deflectores internos e instalavandadores DX-1208.	Desgaste de la lona	Cambio de cauchos deflectores de acuerdo al grupo de confiabilidad e instalar levantadores con base en recomendación FEECO.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 3	10/07/2007
82	Mantenimiento a variador.	Desgaste de la lona	Mantenimiento a variador de frecuencia.	Corrosión externa	Mtto cero horas / 3	12/07/2007
83	Cambio de cauchos internos DX-1208.	Desgaste de la lona	Cambio de cauchos en mal estado aprovechando parada de planta.	Caucho en mal estado	Cambio de caucho / 12	23/07/2007
84	Parada de planta 12 para limpieza de equipos (agosto 10 de 2006)- Revisión de poleas y correas del sistema motriz	Falla de la trans. D.	Se cambio el set de correas de transmisión, set de seis correas, ref.: 8 V-1180	Correas en mal estado.	Cambio de correas / 2	22/08/2007

Tabla 40, Base de Datos de Fallas del Tambor Granulador

➤ **TAMBOR ENFRIADOR**

FUNCIÓN PRINCIPAL:

- Enfriar el producto a menos de 45°C.

FUNCIONES SECUNDARIAS:

- Contener el producto durante un tiempo y condiciones determinados.
- Recibir el producto proveniente de un sistema de ductos y bandas y descargarlo a través de un ducto al tambor Recubridor.

Ver Anexo 1

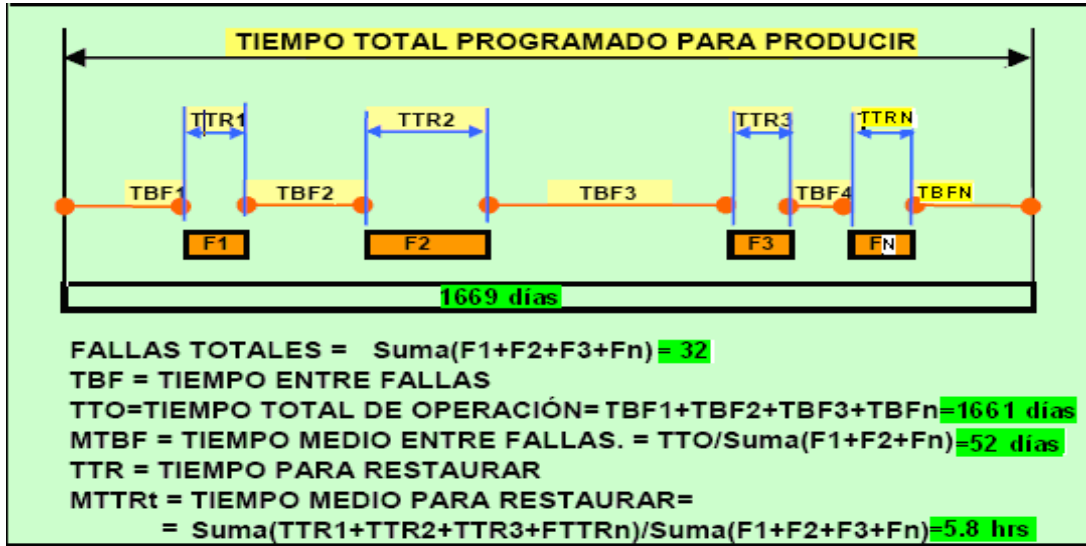
MODO DE FALLAS Y ANÁLISIS DE EFECTOS MFAE

TAMBOR ENFRIADOR		
PARTE OBJETOS DEL EQUIPO	SÍNTOMAS DE LA AVERÍA / MODOS DE FALLA	CAUSAS GENERALES DE MANTENIMIENTO

Acople	Revisión menor programada	Parada programada de Planta
Anclaje	Revisión mayor programada	Programa de Mantenimiento preventivo
Base Civil	Reemplazo programado	Programa de SMS
Base metálica	Prueba - Calibración	Recuperación para uso posterior
Bomba de lubricación	Modificación al diseño	Mejora en la producción / mantenimiento
Casco	Agarrotamiento-No gira	Deterioro normal por uso
Catalina	Alta temperatura de descarga	Reemplazo programado
Chute de alimentación	Arranque intempestivo	Diseño inadecuado
Chute de descarga	Baja presión de aceite	Revisión mayor programada
Cojinete / Rodamiento axial	Corrosión atmosférica	Reemplazo programado
Cojinete / Rodamiento radial	Corrosión por producto	Modificación al diseño
Correa	Daño mayor	Prueba-calibración
Enfriador de aceite	Deficiencia estructural	Error de fabricación
Engranaje	Deformación, distorsión	Error de ensamble
Filtro de aceite	Desalineamiento	error de montaje
Junta de tuberías	Descarga excesiva	Repuestos de calidad inadecuada
Lámina de caucho	Descarga inestable	Error de documentación
Llanta	Descarga insuficiente	Error administrativo
Lubricante	Descarrilamiento-posición inadecuada	
Motor eléctrico	Deterioro-Rotura	
Polea	Escape de lubricante	
Reductor	Escape de producto	
Resorte	Lubricante-nivel incorrecto	
Rodillo	Lubricante contaminado / deteriorado	
Rodilla de carga axial	No enciende-No arranca	
Sello de lubricante	No indica-indicación errónea	
Sistema de calentamiento	No para-no apaga	
Sistema de control	Parada intempestiva	
Sistema de enfriamiento	Producto fuera de especificaciones	
Sistema de lubricación	Punto caliente	
Sistema de monitoreo	Ruido anormal	
Sistema hidráulico	Sobrecalentamiento	
Sistema neumático	Soltura-desconexión	
Soplador primario	Vibración excesiva	
Soplador secundario		
Tambor		
Tanque de aceite		
Tubería		
Válvula de bloque		
Variador de velocidad		

Tabla 41, MFAE del Tambor Enfriador

A continuación se muestra el historial de trabajos ejecutados en el Tambor Enfriador del 07 Mayo 2003 al 26 Diciembre 2007 del cual se puede deducir lo siguiente:



Tarea	Titulo	Causa	Descripción	Origen de la falla	Actividad realizada / Tiempo de reparación (hrs)	Fecha de completación
1	Trabajos zona seca PTA 12- parada octubre 2002- Reparación y/o cambio de elevadores				/ 10	07/05/2003
2	Trabajos parada de PTA12. Marzo de 2002- Cambio de correas del sistema motriz.				/ 2	01/07/2003
3	Parada de PTA 12. julio de 2003- realizar trabajo en acople de baja y anillos.				/ 4	11/07/2003
4	Parada de PTA 12. Zona seca 2003- Cambiar de las poleas conductora y conducida.				/ 4	11/07/2003
5	Trabajos no programados MET PTA12. Zona seca 2003- Reparar pescantes sistema motriz.		Para evitar deterioro del pescante se requiere reforzarlo, instalando soportes. Éste trabajo se realizó 15/07/2003.		/ 24	30/07/2003
6	Parada de PTA12. (30 de octubre 2003)- Cambio de aceite al reductor.				/ 2	26/12/2003
7	Cambio de sistema de enfriamiento.				/ 12	26/12/2003
8	Trabajos de parada PTA 12. Dic 18 2003- Reparación de 12 platinas suplemento de los levantadores de en la descarga.				/ 12	21/01/2004
9	Parada de PTA 12. enero 8 de 2004- Reparar 7 platinas suplementos.		De acuerdo con reporte de inspección de enero 3 de 2004		/ 8	17/02/2004
10	Parada de PTA12 (jueves agosto 5 de 2004)- Cambio de correas de transmisión.		Cambio de correas de transmisión, se encuentran en mal estado.		/ 2	20/08/2004
11	Trabajos no programados MEC PTA12. Zona seca 2004- Cambio de correas.		Cambio de correas, se encuentran trabajando 4 de 8 correas.		/ 2	26/11/2004
12	Parada de PTA12		Cambiar ducto de descarga del DX-1212		/ 10	20/12/2004

	(diciembre 9 2004)- Cambiar ducto de descarga al DX-1213		al DX-1213			
13	Parada de PTA12. (febrero 4 del 2004)- Cambiar polea al reductor DX-1212				/ 3	21/12/2004
14	Parada de PTA12 (semana de Marzo 15-19 de 2004)- Cambio de rodamientos a rueda de carga.		Cambiar rodamientos a rueda de carga noroeste, recomendación del GIEI N° 018 de marzo 5 del 2004.		/ 3	21/12/2004
15	Trabajos no programados ELEC PTA12. Zona seca 2004- Cambio de motor y polea conductora.		Cambio de motor y polea conductora, el motor se quemó.		/ 4	28/12/2004
16	Parada de PTA12 (enero 6 y 7 de 2005)- Cambio de correas de transmisión.	Ruido Anormal	Cambio de motor por uno reparado. Cambio de todo el set de correas.	Correas en mal estado	Cambio correas / 2	21/01/2005
17	Parada programada PTA12 (octubre 12/ 05)- revisar rodamientos lado este del rodillo sur de la llanta de carga.	Ruido Anormal	Se cambio la rueda soporte de carga sur del anillo de carga, esta se encontraba con uno de los rodamientos desplazado de su sitio de trabajo, el eje en ese puesto había perdido medida, la arandela retenedora del rodamiento se encontró desprendida y desgastada.	Cojinetes en mal estado	Reemplazo de equipo / 3	24/01/2005
18	Parada de PTA12. febrero 2005- Cambio de correas.	Mtto. Preventivo.	Cambio de correas por presentar desgaste, según última inspección.	Correas en mal estado	cambio de correas / 2	07/03/2005
19	Mtto. Preventivo a equipos eléctricos de PTA12- Cambio de motor del DX-1212	Alta vibración y ruido	Cambio del motor del DX-1212, por recomendación del GIEI- Ruidos anormales en los rodamientos.		Cambio de motor / 4	03/06/2005
20	Mtto. Preventivo a equipos mecánicos de PTA12- Asistencia mecánica en cambio de motor.		Se procede a cambiar el motor del enfriador por presentar ruido y alto valor de vibración. (recomendación del GIEI).		/ 4	02/04/2006
21	Reparar guardapolvo del bushing		Reparar guarda polvo del bushing por el cual sale polvo contaminando el ambiente.		/ 3	07/03/2006
22	Instalación poleas (aumento de capacidad enfriador)				/ 3	08/03/2006
23	Parada programada de PTA12 (dic 26/05)- Cambio de correas.	Revisión mayor programada.	Cambio de correas al tambor por encontrarse en mal estado. Se cambiaron las correas	Correas en mal estado	cambio de correas / 2	06/05/2006
24	Trabajos en rueda soporte.	Revisión mayor programada.	Se metalizaron los puestos de los rodamientos. Se cambiaron los dos rodamientos. Se cambio un pillow block. Se cambiaron los dos anillos de laberinto.		Cambio de rodamiento / 16	09/05/2006
25	Trabajos no programados MEC PTA12. Zona seca 2006- Cambio de correas.	Falla de la trans. D.	Cambio de correas, por estar en mal estado. Se cambio el set de correas (8 correas C-120)	Correas en mal estado	cambio de correas / 2	26/07/2006
26	Trabajos no programados MEC PTA12. Zona seca 2006- Cambio de correas de transmisión.	Falla de la trans. D.	Cambio de correas de transmisión, se encuentran trabajando cuatro de ocho. Se cambio el set de correas.	Correas en mal estado	cambio de correas / 2	10/11/2006
27	Parada de PTA 12. Zona seca 2002- Cambiar anillo del chute (lado carga)				/ 8	16/02/2007
28	Cambio de correas de transmisión.	Falla de la trans. D.	Se cambio el set de correas de transmisión.	Correas en mal estado	cambio de correas / 2	27/02/2007
29	Trabajos no programados ELEC PTA12. Zona seca 2004- Cambio de motor, eje degollado	Alta vibración y ruido	Se cambia motor por partirse eje. Se instala un motor a cero horas.	Desgaste excesivo	Cambio de motor / 4	01/03/2007
30	Parada de PTA12. octubre 9 de 2003- Cambio de polea conducida y correas.		Cambio de polea conducida y cambio de correas por recomendación del GIE, para aumentar velocidad al enfriador.		/ 4	07/03/2007
31	Reparaciones menores		Prefabricar compuerta que se instalará en		Reemplazo de	20/12/2007

	MET PTA12. Zona seca 2007- Fabricar compuerta para lavado del DX-1212 SDT-22710		tambor DX-1212, para facilitar su lavado en las paradas de la planta 12.		equipo / 16	
32	Reparación de levantadores		Reparar levantadores internos e instalar sobresano en hood de alimentación.		/ 8	26/12/2007

Tabla 42, Base de Datos de Fallas del Tambor Enfriador

➤ VASIJA NEUTRALIZADORA

VASIJA NEUTRALIZADORA

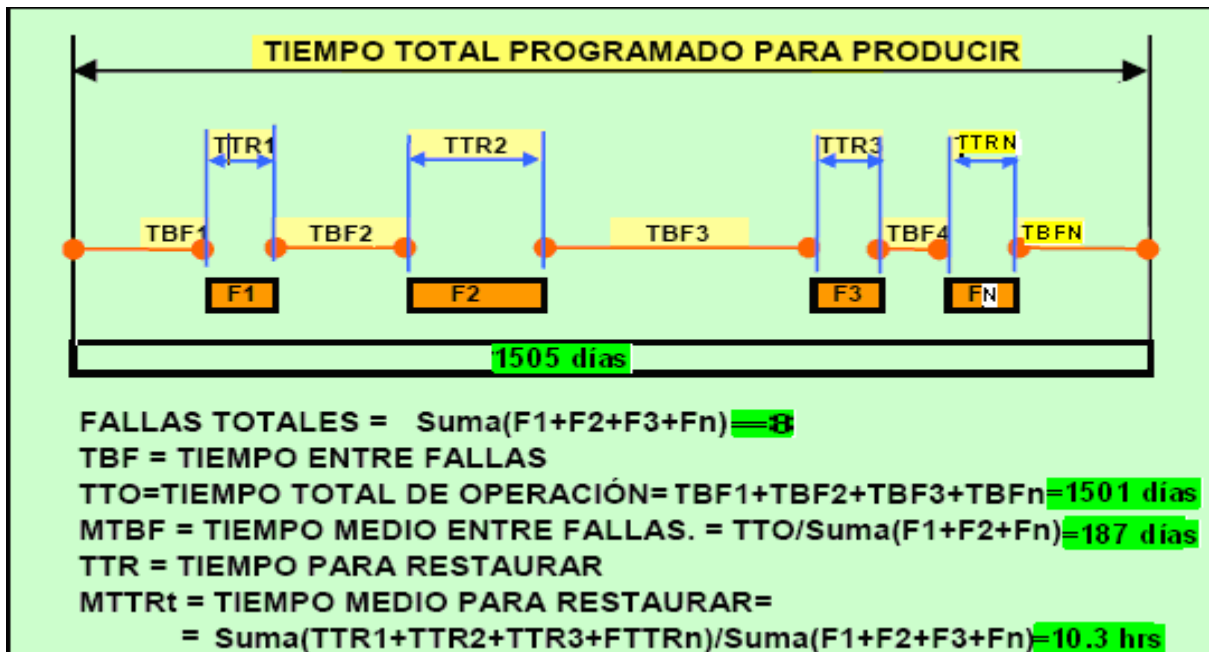
PARTE OBJETOS DEL EQUIPO	SÍNTOMAS DE LA AVERÍA / MODOS DE FALLA	CAUSAS GENERALES DE MANTENIMIENTO
Agitador	Revisión menor programada	Parada programada de Planta
Casco	Revisión mayor programada	Programa de Mantenimiento preventivo
Anclaje	Reemplazo programado	Programa de SMS
Atrapagotas	Prueba - Calibración	Recuperación para uso posterior
Base civil	Modificación al diseño	Mejora en la producción / mantenimiento
Base metálica	Corrosión atmosférica	Deterioro normal por uso
Cabezote	Corrosión por producto	Reemplazo programado
Deflectores	Daño mayor	Diseño inadecuado
Distribuidor	Deficiencia estructural	Capacidad inadecuada
Empaque plano	Desviación de parámetros	Material inadecuado
Escaleras	Deterioro-Rotura	Operación inadecuada
Filtro	Escape de producto	Operación fuera del diseño
Hand-Hole	Escape externo-medio auxiliar	Error de fabricación
Indicador	Deformación, distorsión	Error de ensamble
Intercambiador	Desalineamiento	Error de montaje
Junta de tuberías	Descarga excesiva	Repuestos de calidad inadecuada
Man-Hole	Descarga inestable	Error de documentación
Plataforma	Descarga insuficiente	Error administrativo
Platos	No enciende-No arranca	
Relleno	No indica-indicación errónea	
Serpentín	No para-no apaga	
Sistema de control	Parada intempestiva	
Sistema de monitoreo	Obstrucción - taponamiento	
Tensor	Producto fuera de especificaciones	
Tubería	Ruido anormal	
Tubo	Sobrecalentamiento	
Válvula de bloque	Soltura-desconexión	
Válvula de control	Vibración excesiva	
Válvula de seguridad		
Válvula de no retorno		

Tabla 43, MFAE de la Vasija Neutralizadora

Al analizar las fallas sucedidas en la V-1217, se encontraron pocos registros que la confirman como un equipo con buen factor de servicio. Pero sí se encontraron registros de su equipo anexo el B-1212.

Ver Anexo 2

A continuación se muestra el historial de trabajos ejecutados en el Soplador B-1212 del 28 Octubre 2003 al 05 Enero 2008 del cual se puede deducir lo siguiente:



tarea	Título	causa	Descripción	origen de la falla	Actividad realizada / Tiempo de reparación (hrs)	Fecha de completación
1	Sacar eje del rotor del KB-1212					28/10/2003
2	Parada de PTA12 (semana 2-6 de mayo 2005)- Cambio de soplador.	Vibración excesiva	Se cambio el impulsor, se instaló un impulsor reparado y balanceado con eje nuevo. Se cambiaron los pillow block y los rodamientos, se ejecuto limpieza al damper .	Encostramiento	Mtto cero horas / 16	28/04/2005
3	Parada de PTA12 Cambio de acople, motor y revisión de rodamientos.	Alta vibración y ruido	Cambio de motor, acople y revisión de rodamientos. se cambiaron los acoples y se revisaron los rodamientos y se encontraron en buen estado.	Falla del equipo conductor	Cambiar motor. Limpieza de la carcaza / 12	25/01/2006

4	Reparaciones menores MEC PTA12. Zona seca 2006- Revisar y ajuste de los manguitos y realinear.	Revisión menor programada	Destapar los pillow-blocks para verificar el ajuste de los manguitos y realinear si es necesario. Se revisaron los rodamientos y se encontraron en buen estado.	Juego excesivo en el manguito	Ajuste de los manguitos / 3	06/05/2006
5	Alta vibración y ruido	Alta vibración y ruido	Balaceo dinámico al rotor del spare del soplador B-1212.	Desbalance por acumulación de producto en el impulsor	Balaceo dinámico / 16	30/09/2006
6	Reparaciones menores MEC PTA12. Zona seca 2006- Reparar blower para enviar a taller externo para reparar y balacear	Revisión menor programada	Preparar blower para enviar a taller externo a reparar y balacear.	Desbalance por encostramiento del impulsor	Balaceo dinámico. Limpieza de la carcaza / 16	05/03/2007
7	Reparar eje del impulsor	Reparación no programada	Parada imprevista del equipo	Agarrotamiento	Cambio del eje del impulsor / 18	29/05/2007
8	Trabajos no programados eléctricos PTA12. Zona húmeda 2007- Mto general cambio de motor.	Alta vibración y ruido	Cambio de rotor, eje torcido, pillow block partidos.	Encostramiento	Mtto cero horas. Alto encostramiento / 8	05/01/2008

Tabla 44, Base de Datos de Fallas del Soplador

Del análisis cuantitativo de las fallas del B-1212 se puede deducir:

La gran mayoría de las intervenciones (5 de 7) realizadas se deben a acumulación de producto en la carcaza del soplador que ocasiona encostramiento, desbalanceos, ruidos y desalineamientos en los componentes rotativos.

Tres de siete intervenciones fueron ejecutadas de emergencia con la consecuente pérdida de producción. Las 4 restantes fue posible realizarlas en las paradas de Planta programadas.

Es de recordar que este equipo presta servicio de extracción de gases húmedos de la Etapa de Neutralización y de polvos (elemento seco) de la Etapa de Granulación.

ANÁLISIS CAUSA – RAÍZ DE DAÑO MAYOR SUCEDIDO AL SOPLADOR B-1212

Por el impacto de la falla sucedida el 29 de Mayo / 2008 con 18 horas de pérdida de producción y teniendo en cuenta que existen fallas repetitivas en la funcionalidad del equipo, el grupo de trabajo decide realizar el Análisis Causa- Raíz que se muestra a continuación.

Item No.	Asunto	Responsable (xxxxxxx)	Fecha (xxxxxx)
1	Objeto: Analizar la falla en el soplador B-1212, ocurrida el 29 de mayo de 2007.		
2	Función del equipo: Retirar los gases del Granulador y Vasija de Neutralización		
3	Antecedentes: 1. El 25 de Enero de 2006 se presentó una falla similar en este equipo, cuando se encontraba en operación normal. 2. Fecha del último mantenimiento: Mayo 25/06, donde se cambió blower, eje, pillow blocks, rodamientos y acoples. 3. Se realiza chequeo mensual de toma de vibraciones. Última toma 14 de mayo de 2007, con resultado satisfactorio		
4	Modo de falla: Torsión en el eje del soplador. Ver foto anexa.		
5	Línea de tiempo: 1. Mayo 28/07 <ul style="list-style-type: none"> • En horas de la mañana el inspector reporta alta vibración en el soplador. Inspección realizada usando los sentidos. • En horas de la tarde se programó lavado del equipo, pero no fue posible hacerlo por razones operativas (fórmula 28-4-0) 2. Mayo 29/07 <ul style="list-style-type: none"> • Se programa limpieza y se encontró soplador encostrado de producto • 3:00 pm finaliza el lavado del equipo • 3:50 pm Se intenta poner de servicio el equipo, pero se parte el pillow block y se observa torsión en el eje. 		
6	Consecuencias: Pérdida de producción por 18 horas		
7	Hipótesis: La torsión en el eje la causó una o combinación de las siguientes hipótesis: <ol style="list-style-type: none"> 1. El equipo presta servicio de extracción de gases (los cuales salen con humedad después de un proceso de lavado) de la Etapa de Neutralización y de polvos de la Etapa de Granulación. 2. Agua acumulada en el interior de la carcasa del soplador. 3. Material sólido acumulado en la carcasa, producto del lavado. 4. Mal diseño del eje. 5. Mala selección del acople. 		
8	Recomendaciones <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar estudio de criticidad a los equipos de la Planta Con el fin de determinar su impacto en lo ambiental, Técnico y en la producción. 2. Estudiar la posibilidad y emitir recomendación para dar facilidades para mejorar la limpieza del equipo. 3. Aumentar el diámetro del drenaje de la carcasa a 2" con brida para instalar ciego e instalar coupling de 1" como drenaje permanente. 4. Aumentar la frecuencia de toma de vibraciones a 15 días. 5. Realizar limpieza general al soplador cada 4 meses. 6. Revisar el diseño del eje y la selección del acople. 7. Para realizar la limpieza del soplador, se debe instalar ciego en la V-1217. 8. Después de definido el punto 1, se debe emitir un procedimiento para limpieza del equipo. 		



Ilustración 32, Deformación causada en el eje del impulsor por encostramiento

5.2.3 DIAGRAMA PERT DE UNA PARADA DE PLANTA PROGRAMADA

Como elemento adicional de soporte, a continuación se anexa resumen del Diagrama Pert de las actividades normalmente realizadas en una Parada por ciclo (cada 2 meses) de la Planta de Fertilizantes en la que se puede observar que la Ruta Crítica y los trabajos mas relevantes (resaltados en amarillo) son los ejecutados en los equipos objeto del anterior estudio.

ITEM	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
1	PARADA PLANTA 12 Julio 16 del 2008	1.34 días
2	Actividades en DX1208	1,34 día
3	Desenergizar equipo	1 hora
4	Lavar equipo	5 horas
5	Revisar y marcar cauchos para cambio	2 hora
6	Cambio de cauchos internos	10 horas
7	Instalar sobresano en ducto de succion.	6 horas
8	Instalar Caucho en descarga a DX1209	4 horas
9	Revisar Correas	3 hora
10	Energizar equipo	1 hora
11	Actividades en B1212	1,27 días

12	Des energizar equipo	1 hora
13	Desmontar cono de succio	2 horas
14	Realizar limpieza de equipo	6 horas
15	Realizar Prueba en presencia de Inspector	1 hora
16	Instalar Cono de succion	2 horas
17	Actividades DX1209	1,21 días
18	Desenergizar equipo	1 hora
19	Lavar equipo	3 horas
20	Instalar martillos	8 horas
21	Realizar mantenimiento a Panel De control	7 horas
22	Revisar Correas, rodamientos. Alineacion	1 hora
23	Actividades en CR1206A	0,95 días
24	Desenergizar equipo	1 hora
25	Lavar equipo	3 horas
26	Inspeccionar cadenas y cauchos	1 hora
27	Cambiar cauchos internos	7 horas
28	Cambio de cortinas	2 horas
29	Cambio de cadenas	3 horas
30	Revisar Correas	4 horas
31	Energizar equipo	1 hora
32	Actividades en CR1206B	0,95 días
33	Desenergizar equipo	1 hora
34	Lavar equipo	3 horas
35	Inspeccionar cadenas y cauchos	1 hora
36	Cambiar cauchos internos	8 horas
37	Cambio de cortinas	2 horas
38	Cambio de cadenas	3 horas
39	Revisar Correas	4 horas
40	Instalar Variador y realizar pruebas	12 horas
41	Actividades en TX827	1 día
42	Desenergizar equipo	1 hora
43	Limpieza de dique inferior	3 horas
44	Revisar Rodamientos	2 horas
45	Centrar Sproket Inferior	8 horas
46	Corregir escape en ducto	8 horas
47	Energizar equipo	1 hora
48	Actividades en TX1239	1,21 días
49	Desenergizar equipo	1 hora

50	Lavar equipo	1 hora
51	Cambiar rodamientos	8 horas
52	Revisar y/o cambio Guardapolvos	12 horas
53	Energizar equipo	1 hora
54	Actividades en TX1240	1,21 días
55	Desenergizar equipo	1 hora
56	Lavar equipo	3 horas
57	Cambiar rodamientos	8 horas
58	Revisar y/o cambio Guardapolvos	12 horas
59	Energizar equipo	1 hora
60	Actividades en TX1217B	1,21 días
61	Desenergizar equipo	1 hora
62	Lavar equipo	3 horas
63	Corregir chute	6 horas
64	Corregir Guardapolvos	6 horas
65	Energizar equipo	1 hora
66	Actividades en B1208/09	0,93 días
67	Desenergizar equipo	1 hora
68	Lavar equipo	3 horas
69	Revisar rodamientos	4 horas
70	Revisar acoples	4 horas
71	Energizar equipo	1 hora
72	Actividades en F1203	1 día
73	Lavar equipo	4 horas
74	Invertir mangueras hidraulicas	4 horas
75	Corregir juego axial en llantas	6 horas
76	Actividades en TX1217A	1,14 días
77	Desenergizar equipo	1 hora
78	Desmontar carcaza	2 horas
79	Lavar equipo	2 horas
80	Revisar rodamientos	4 horas
81	Alinear equipo	6 horas
82	Energizar equipo	1 hora

Tabla 45, Resumen Diagrama Pert de una Parada de Planta típica. Ver Anexo 2

CONCLUSIÓN DE LIMITACIONES

- ✓ Balances de masa y energía demuestran que la etapa de enfriamiento de la planta de fertilizantes presenta una alta limitación al factor de servicio, por la imposibilidad de enfriar el producto por debajo de los 44° C.
- ✓ En la Etapa de Neutralización, la V-1217 por su poca capacidad presenta restricciones en el proceso para producir grados de fertilizantes con alto contenido de Nitrógeno.
- ✓ Después de efectuado el Estudio de Ponderación de Variables el equipo de la Planta que mas alto índice de criticidad presenta, es el Tambor Enfriador DX-1208 el cual a su vez es el que presenta el mayor MTBF y es el que marca las rutas críticas de las Paradas de Planta programadas.
- ✓ Se han presentado paradas de Planta imprevistas por el bajo factor de servicio que presenta el Soplador B-1212 el cual retira gases húmedos de la etapa de Neutralización y polvos secos de la Etapa de Granulación. Este equipo presenta el más alto MTTR.
- ✓ Se están realizando ciclos de operación continua de 2 meses; 6 veces al año se para la Planta por 36 horas para realizar labores de mantenimiento y limpieza.

6. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

6.1 AMBIENTAL:

- Mejoramiento del sistema de Líneas de Transporte por la minimización del encostramiento en los ductos de extracción de polvos provenientes del tambor enfriador.

- Mejoramiento de la calidad del aire emitido a la atmósfera producto de las etapas de Neutralización y Enfriamiento.

6.2 TÉCNICO:

- Se implementará un sistema de lavado de gases independiente del de la etapa de Granulación.

- A corto plazo se recomienda recalcular el diámetro del eje del soplador B-1212 y crear condiciones de apropiada limpieza en la carcasa del soplador con el fin de aumentar su factor de servicio.

- De igual forma, en la actualidad la inspección de vibración la realiza un técnico con visita mensual al campo. Se recomienda instalar un sistema On-Line con lazo al tablero de control que permita observar en tiempo real las condiciones de alineamiento y vibración del eje.

- Con la independización de los sistemas de lavado de gases y material particulado de la V-1217 y del tambor enfriador respectivamente, se le dará flexibilidad al mantenimiento con la posibilidad de hacer reparaciones a la vasija, al nuevo compresor o a cualquiera de sus componentes, sin comprometer la producción, dado que el tambor enfriador podría seguir operando paralelo al mantenimiento de la vasija.

- Aumento de los tiempos entre Paradas de Planta por la mejor disposición de los equipos que permitirán una mejor confiabilidad y flexibilidad del sistema para el mantenimiento.

Como se puede observar en la Tabla 22, las actividades que mas tiempo demandan, son las relacionadas con las etapas de granulación (DX1208, 1,32 días) y lavado de gases (B1212, 1,27 días), que son los que marcan la Ruta Crítica de la reparación.

Con la implementación de diferentes acciones de mantenimiento que vienen ligadas a la inclusión de nuevos equipos, se busca disminuir los tiempos de intervención de los equipos, y el número de paradas de planta, lo cual dá como resultado, una incremento de la producción anual de los fertilizantes complejos.

En la actualidad tenemos un soplador (B1212) con su respectivo sistema de lavado de gases y material particulado atendiendo las etapas de Granulación y Neutralización. Con esta condición existe una necesidad de mantenimiento y de operaciones de intervenir constantemente estos tres equipos por su tendencia al encostramiento y pérdida de capacidad. **Si disponemos de sopladores independientes para cada uno de ellos, los tiempos entre paradas, TMEF, se aumentaran de 60 a 75 días aproximadamente.**

De igual forma, teniendo sistemas de lavado de gases y material particulado independiente, los tiempos de intervención de cada equipo se disminuyen, por ejemplo, el tiempo de limpieza del blower (ver ítem 14 de la Tabla 22), se disminuye de 6 horas a 3 horas aproximadamente, dado que el encostramiento será menor en cada ciclo de trabajo. Así mismo se disminuirá los tiempos de limpieza y mantenimiento en el DX1208, DX1212 y ductos del B1212. **De esta forma las paradas de la planta 12 pasarían de 36 horas a 30 horas aproximadamente.**

6.3 ECONÓMICO:

➤ AUMENTO DE PRODUCCIÓN POR NUEVOS EQUIPOS

Con un Margen de Rentabilidad de \$US150oo y una producción anual adicional de 30.000TM, se obtendrá un ingreso marginal de \$US 4'500.000oo

$$30.000\text{Tn} \times \$\text{US } 150 \longrightarrow \text{\$US } 4'500.000\text{oo}$$

➤ AHORRO DE UNA PARADA DE PLANTA (1,5 días) AL AÑO

Costo del mantenimiento de una parada de Planta (repuestos y mantenimiento) = \$US28.261

➤ DISMINUCIÓN DE 6 HORAS (de 36 a 30 horas)

Disminución en 6 horas (de 36 a 30 horas) por cada una de las cinco paradas que quedarían en el año. La Planta produce en promedio 1000 toneladas de Fertilizante.

La Planta produce en promedio 1000 toneladas de Fertilizantes diarias

$$6 \text{ horas} \times 5 \text{ Paradas} \longrightarrow 30 \text{ horas} = 1.25 \text{ días}$$

$$1.5 \text{ días} + 1.25 \text{ días} \longrightarrow 2.8 \text{ días}$$

$$1000 \text{ Ton} \times 2.8 \text{ días} \longrightarrow 2800 \text{ Toneladas}$$

$$2800 \text{ Ton} \times \$\text{US } 150 \longrightarrow \text{\$US } 420.000\text{oo}$$

$$\text{\$US } 4'500.000\text{oo} + \text{\$US } 420.000\text{oo} + \text{\$US}28.261 \longrightarrow \text{\$US } 4'948.261$$

7. LISTADO DE EQUIPOS NECESARIOS

Tipo de cambio	Significado
0	No se le harán cambios al equipo
1	Equipo nuevo
2	Equipo a ser modificado físicamente y en su Hoja de Especificación
3	Nuevo trabajo / Equipo que debe ser revisado o ser adaptado si es necesario

Tabla 46, Tipo de cambios de equipos

7.1 SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN Y LAVADO DE GASES

Identificación	Descripción	Tipo de cambio
V-1218	Vasija de Neutralización	1
P-1214	Bomba de recuperación de lavados	2
B-1227	Soplador	1
S-1227	Scrubber existente. Se requiere instalar relleno	3

➤ **V-1218 Vasija de Neutralización**

V-1218 Vasija de Neutralización			
General			
Tipo	Vertical		
Cantidad	Una		
Aislamiento	Sí		
Conexión a tierra	Sí		
Datos del Proceso			
Fluido		Sales NP	
Densidad del Fluido	Kg/m3	1500	
Viscosidad del fluido	cP	50	
Temperatura de operación	°C	110	
Presión de operación		Atm	
Material de Construcción	316L		
Conexiones			
Boquillas	Cantidad	Diámetro (pulg)	Servicio
N1	1	4	Entrada de ácido nítrico
N2	1	8	Salida de productos
N3	1	8	Alimentación de solución
N4	4	2	Entrada de amoníaco líquido
N5	1	12	Venteo hacia el lavador
N6	1	20	Manhole
N7	1	8	Drenaje
N8	4	4	Entrada de Amoníaco gaseoso

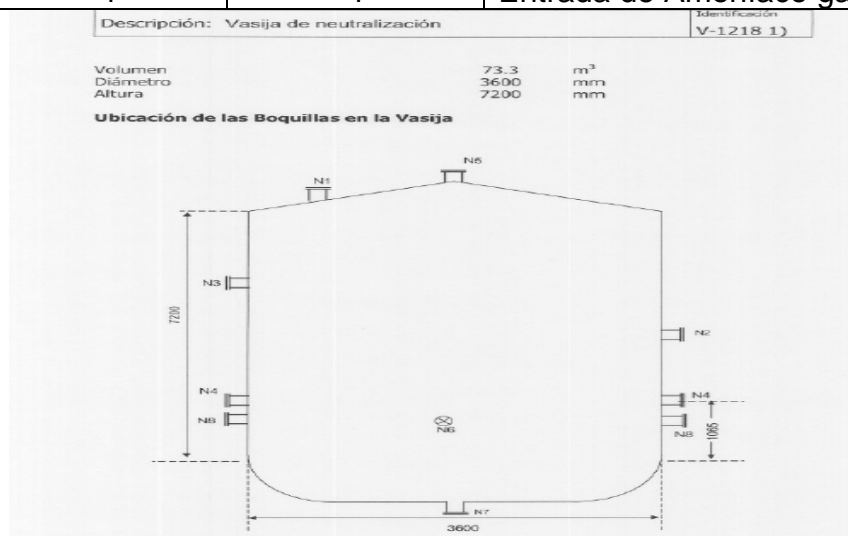


Ilustración 1733, Vasija Neutralizadora

➤ **P-1214 Bomba de Recuperación de solución neutralizada en V-1218**

P-1214 Bomba de Recuperación de solución neutralizada en V-1218		
General		
Tipo	Centrífuga	
Cantidad requerida	2	
Aislamiento	No	
Conexión a tierra	Sí	
Condiciones de Operación		
Líquido	Solución de NP	
Capacidad Normal	m ³ /h	5
Gravedad específica		1,2
Viscosidad a 30°C	cP	10
Temperatura de succión	°C	80
Presión de descarga	Kg/cm ² g	6.01
Presión de succión	kg/cm ² g	0.021
Columna total de la bomba	m	50
Columna neta de succión positiva disponible	m	2
Motor		
Tipo	Eléctrico	
Voltios/frecuencia/fases	440/60/3	
Potencia	4 HP	
Material de Construcción	316L	

Nota: El material de empaque y los sellos mecánicos los definirá el Grupo de Confiabilidad.

➤ **B-1227 Soplador**

B-1227 Soplador		
General		
Tipo	Centrífuga	
Número requerido	Uno	
Servicio	Gases de la etapa de Neutralización	
Condiciones de Operación		
Fluido		Gases de la etapa de Neutralización
Capacidad normal	Nm ³ /h	16000
Densidad	Kg/Nm ³	1.15
Viscosidad	cP	0.16
Temperatura de succión	°C	115
Presión de la succión	mmH ₂ O	-350
Presión de descarga	mm H ₂ O	50
Diferencial de cabeza	mm H ₂ O	400
Motor		
Tipo	Eléctrico	
Voltios/frecuencia/fases	440/60/3	
Potencia	4 HP	
Material de Construcción de la carcasa e impulsor	316L	

➤ **S-1227 Lavador de gases de V-1218 (Existente)**

S-1227 Lavador de gases de V-1218 (Existente)		
General		
Tipo	Ventura	
Número requerido	Uno	
Aislamiento	Si	
Conexión a tierra	Si	
Condiciones de Operación		
Fluido		Aire saturado con vapor de H ₂ O y NH ₃
Flujo	Nm ³ /h	16000
Densidad del fluido	Kg/m ³	1.15
Viscosidad del fluido	0.16	cP
Temperatura de entrada	°C	110
Condiciones de Diseño		
Presión		Atmosférica
Temperatura	°C	115
Material de construcción		
Recipiente	Fibra (FRP Heltron 197 / Resina SI-C liner inlet)	
Relleno	Polipropileno	

Nota: Este equipo existente se debe restituir a las condiciones de diseño originales que incluye relleno, eliminador de neblina y 2 boquillas con patrón de flujo tipo con lleno para asperjar el agua de lavado.

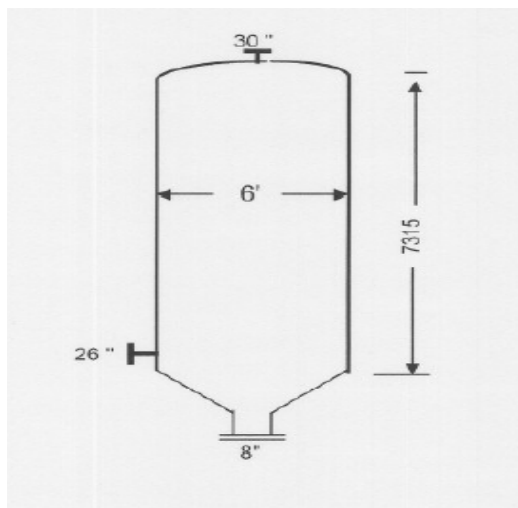


Ilustración 18, Lavador de gases de V-1218 (Existente)

7.2 Sistema: Lavador de Gases del Tambor Granulador

Identificación	Descripción	Tipo de cambio
S-1208	Scrubber. Venturi para el Scrubber	1
T-1208	Tanque de lodos	1
P-1208	Bomba de recirculación	1
P-1209	Bomba de recirculación de lodos	1
B-1212	Soplador con variador de velocidad	3

➤ S-1208 Lavador de gases del tambor granulador DX-1208

S-1208 Lavador de gases del tambor granulador DX-1208		
General		
Tipo	Venturi	
Número requerido	Uno	
Aislamiento	Si	
Conexión a tierra	Si	
Condiciones de Operación		
Fluido	Aire con vapores + material particulado NPK	
Flujo	Nm ³ /h	32348
Densidad del fluido	Kg/Nm ³	1.06
Viscosidad del fluido	0.16	cP
Temperatura de entrada	°C	80
Condiciones de Diseño		
Presión	Atmosférica	
Temperatura	°C	80 - 100
Material de construcción		
Recipiente	Fibra (FRP Heltron 197 / Resina SI-C liner inlet)	
Relleno	No	
Boquillas	De aspersión de agua	

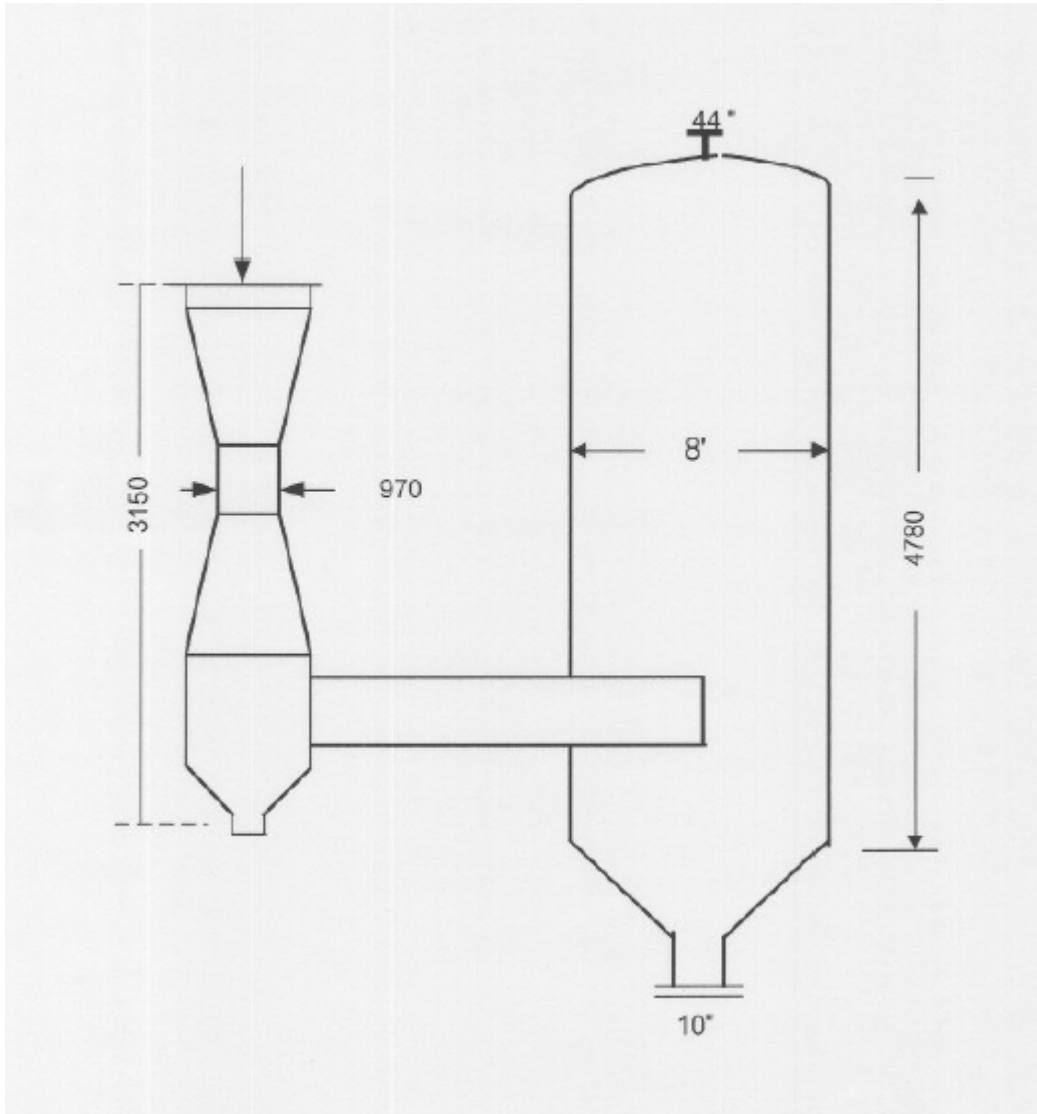


Ilustración 19, Lavador de gases del tambor granulador DX-1208.

➤ **T-1208 Tanque de recuperación de lodos**

T-1208 Tanque de recuperación de lodos			
General			
Número requerido	Uno		
Aislamiento	No		
Conexión a tierra	Si		
Condiciones de Operación			
Fluido		Lodo recuperado	
Densidad del fluido	Kg/m ³	1400	
Viscosidad del fluido	30	cP	
Temperatura de entrada	°C	80	
Presión de vapor	pisa	0.8	
Condiciones de Diseño			
Presión		Atmosférica	
Temperatura	°C	80	
Material de construcción	Fibra de vidrio		
Datos mecánicos			
Volumen	m ³	19	
Diámetro	m	3.05	
Altura	m	2.6	
Conexiones			
Boquillas	Cantidad	Diámetro (pulg)	Servicio
N1	1	8	Conexión bomba de recirculación
N2	1	4	Conexión bomba de recirculación de lodos
N3	1	4	Indicador de nivel
N4	1	6	Drenaje

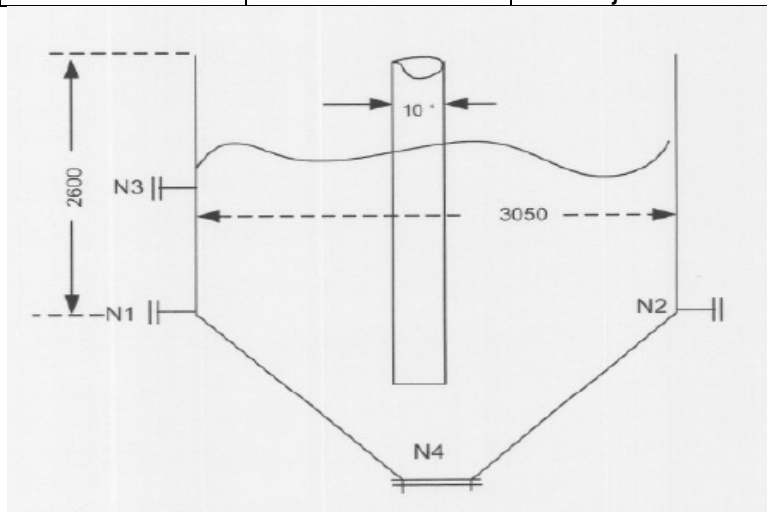


Ilustración 20, Ubicación de boquillas del Tanque de recuperación de lodos.

➤ **P-1208 Bomba de Recirculación**

P-1208 Bomba de Recirculación		
General		
Tipo	Centrífuga	
Cantidad requerida	2	
Aislamiento	No	
Conexión a tierra	Sí	
Condiciones de Operación		
Líquido	Agua / Nitrato de Amonio	
Capacidad Normal	m ³ /h	60.71
Gravedad específica	1,4	
Viscosidad a 30°C	cP	10
Temperatura de succión	°C	43
Presión de descarga	Kg/cm ² g	9.68
Presión de succión	kg/cm ² g	0.5
Columna total de la bomba	m	10.04
Columna neta de succión positiva disponible	m	2
Motor		
Tipo	Eléctrico	
Voltios/frecuencia/fases	440/60/3	
Potencia	4 HP	
Material de Construcción	316L	

Nota: El material de empaque y los sellos mecánicos los definirá el Grupo de Confiabilidad.

➤ **P-1209 Bomba de envío de solución al tambor granulador**

P-1209 Bomba de envío de solución al tambor granulador		
General		
Tipo	Centrífuga	
Cantidad requerida	2	
Aislamiento	No	
Conexión a tierra	Sí	
Condiciones de Operación		
Líquido		Agua / Nitrato de Amonio
Capacidad Normal	m ³ /h	0.11
Gravedad específica		1,4
Viscosidad a 30°C	cP	10
Temperatura de succión	°C	166
Presión de descarga	Kg/cm ² g	6.69
Presión de succión	kg/cm ² g	0.5
Columna total de la bomba	m	7.05
Columna neta de succión positiva disponible	m	2
Motor		
Tipo	Eléctrico	
Voltios/frecuencia/fases	440/60/3	
Potencia	2 HP	
Material de Construcción	316L	

Nota: El material de empaque y los sellos mecánicos los definirá el Grupo de Confiabilidad.

➤ **B-1212 Extracción de gases de la vasija de Neutralización V-1218 (Existente)**

B-1212 Extracción de gases de la vasija de Neutralización V-1218 (Existente)		
General		
Tipo	Centrífuga	
Número requerido	Uno	
Servicio	Gases de la etapa de Neutralización	
Condiciones de Operación		
Fluido		Gases de la etapa de Neutralización
Capacidad normal	Nm ³ /h	32000
Densidad	Kg/Nm ³	1.15
Viscosidad	cP	0.16
Temperatura de succión	°C	115
Presión de la succión	mmH ₂ O	-350
Presión de descarga	mm H ₂ O	50
Diferencial de cabeza	mm H ₂ O	400
Motor		
Tipo	Eléctrico	
Voltios/frecuencia/fases	440/60/3	
Potencia	100 HP	
Material de Construcción de la carcasa e impulsor		316L

Nota: Soplador existente, sólo requiere instalarle un variador de velocidad.

7.3 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA EL TAMBOR ENFRIADOR

Identificación	Descripción	Tipo de cambio
E-1219	Enfriador de Amoníaco	1
E-1220	Calentador de aire	1
S-1219	Separador de gases de Amoníaco	1
B-1206B	Soplador de tiro forzado con variador de velocidad para el soplador y filtro en la succión de aire	1
B-1206	Soplador existente de tiro inducido requiere instalar variador de velocidad	3
X-1220	Trampa de vapor del calentador de aire E-1220	1

➤ E-1219 Enfriador de Amoníaco

E-1219 Enfriador de Amoníaco			
General			
Tipo		Tubo aleteado	
Cantidad requerida		1	
Calor intercambiado	Kcal/h	1.400.000	
Coeficiente de transferencia de calor	Kcal/h m ² °C	52	
Área de transferencia de calor extendida	m ²	1500	
Condiciones de operación			
		Lado carcaza	Lado tubos
Fluido		Aire	Amoníaco
Capacidad Normal / Máxima	Nm ³ / h	90.000 / 100.000	750 / 6000
Presión de entrada		250 mm WC	3.5 Kg/cm ²
Caída de presión permitida		100 mm WC	1 Kg/cm ²
Temperatura de entrada	°C	32	-2.25
Temperatura de salida	°C	15	-2.25
Densidad del gas, entrada/salida	Kg / m ³	1.157 / 1.225	-
Viscosidad	cP	0.018	0.00913
Factor de obstrucción	M ² °C/W	0.01024	0.0027
Carga de calor, normal/máximo	Kcal/h	-	1.400.000 / 2.000.000
Condiciones de diseño			
		Aire	Amoníaco
Presión	Kg/cm ²	Atmosférico	17 / 20
Temperatura	°C	33	-3 / +2

➤ **S-1219 Separador de fases**

S-1219 Separador de fases			
General			
Tipo	Separador centrífugo		
Cantidad requerida	1		
Aislamiento	Sí		
Sistema de contra-incendio	No		
Conexión a tierra	Sí		
Condiciones de Operación			
Fluido		Amoníaco gaseoso	Amoníaco líquido
Flujo	Kg/h	105,7	1639
Densidad del fluido	Kg/m ³	3,846	626,9
Viscosidad del fluido	cP	0,007808	0,1583
Temperatura de entrada	°C	4,088	4,088
Condiciones de diseño			
Presión		Atmosférica	
Temperatura	°C	115	
Dimensiones			
Diámetro	m	0,8	
Altura	m	1,95	
Volumen	M ³	0,98	

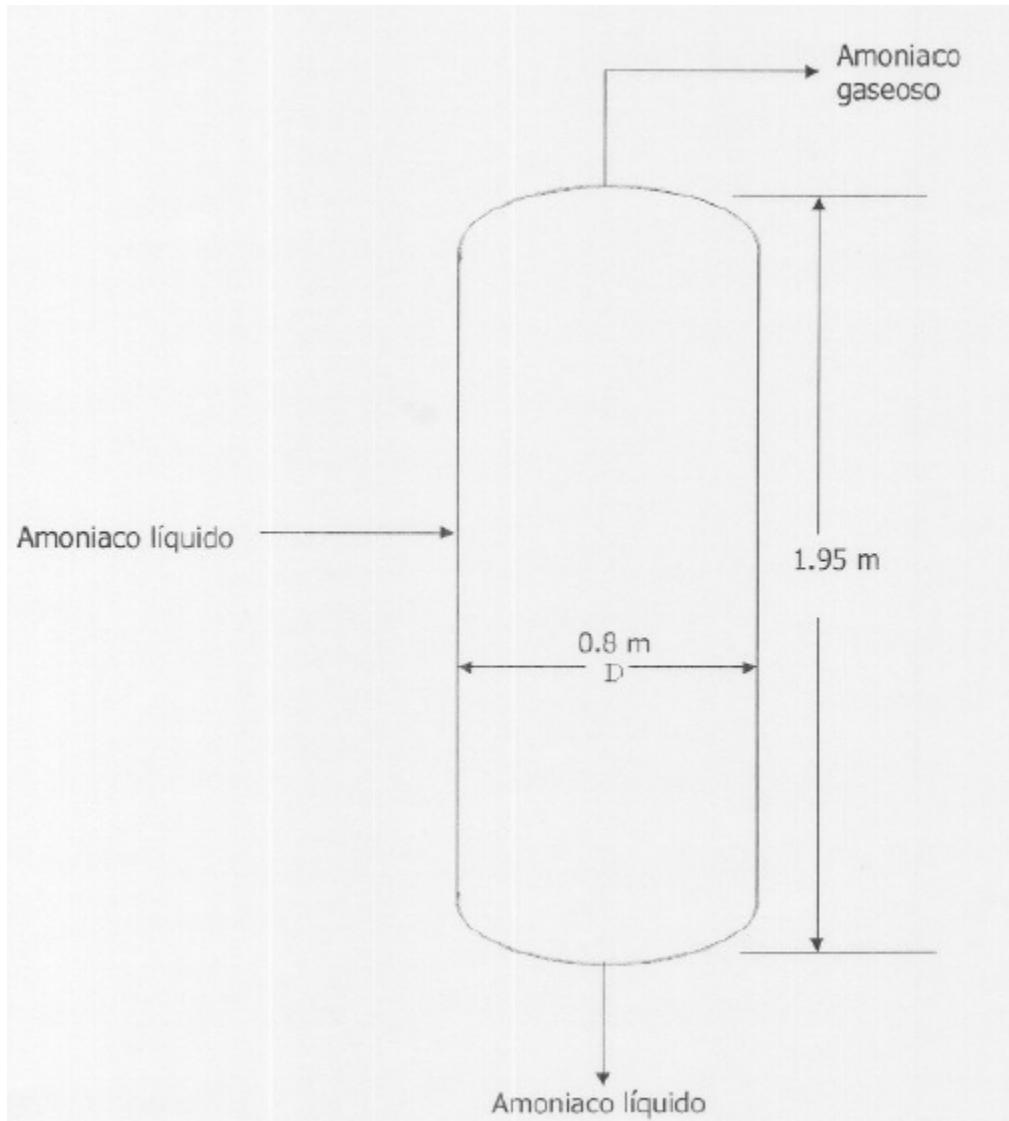


Ilustración 21, Separador de Amoníaco.

➤ **E-1220 Calentador de aire**

E-1220 Calentador de aire			
General			
Tipo		Tubo aleteado	
Cantidad requerida		1	
Calor intercambiado	Kcal/h	280000	
Coeficiente de transferencia de calor	Kcal/h m ² °C	40	
Área de transferencia de calor extendida	M2	50	
Condiciones de operación			
		Lado carcaza	Lado tubos
Fluido		Aire atmosférico	Vapor
Capacidad. Normal/máxima		90000 / 100000 Nm ³ /h	565 Kg/h
Presión de entrada		150 mm WC	5 Kg/cm ² (g)
Caída de presión permitida		100 mm WC	1 Kg/cm ² (g)
Temperatura de entrada	°C	10	160
Temperatura de salida	°C	21	160
Densidad del gas. Entrada / Salida	Kg / m ³	1,22 / 1,04	3,1
Viscosidad	cP	0,018	0,014
Factor de obstrucción	M ² °C/W		
Carga de calor. Normal / máximo	Kcal/h	-	280000
Condiciones de diseño			
		Aire	Vapor
Presión	Kg/cm ² (g)	0.05	5
Temperatura	°C	33	158 / 210

➤ **B-1206 Suministro de aire al enfriador de NPK (existente)**

B-1206 Suministro de aire al enfriador de NPK (existente)	
General	
Tipo	Centrífuga
Número requerido	1
Tag	B-1206
Servicio	Alimentación de aire
Condiciones de Operación	

Fluido		Aire
Capacidad, normal	Nm ³ /h	90000
Densidad	Kg/Nm ³	1,29
Viscosidad	cP	0,16
Succión de temperatura	°C	30
Presión a la succión	mmH ₂ O	-200
Presión a la descarga	mmH ₂ O	50
Diferencial	mmH ₂ O	250
Motor		
Voltios		440
Fases		3
Frecuencia		60Hz
Potencia		200HP
Material de construcción S.S. 316		

Nota: Este soplador es existente. Sólo requiere de un variador de velocidad para regular el flujo de aire.

➤ X-1220 Trampa de vapor del calentador E-1220

X-1220 Trampa de vapor del calentador E-1220		
General		
Tipo	Flotador	
Cantidad requerida	1	
Conexión a tierra	No	
Condiciones de operación		
Fluido		Condensado
Capacidad. Normal / Máxima	Kg / h	565 / 622
Capacidad de diseño	Kg / h	1300
Presión de entrada	Kg/cm2 g	4
Caída de presión permitida	Kg/cm2	1
Temperatura	°C	160
Condiciones de diseño		
Presión	Kg / cm2 g	6
Temperatura	°C	200
Material de construcción S.S. 304		

7.4 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE PRODUCTO FINAL

Identificación	Descripción	Tipo de cambio
DX-1214	Tambor de recubrimiento de producto final	1

➤ DX-1214 Tambor recubridor para NPK

DX-1214 Tambor recubridor para NPK		
General		
Tipo	Tambor recubridor	
Cantidad requerida	1	
Conexión a tierra	No	
Aislamiento	No	
Sistema de contraincendio	No	
Condiciones de Operación		
Flujo de material sólido. Nor/máx	T / h	60 / 756
Gravedad específica		1,01
Especificaciones del Equipo		
Longitud	m	6
Diámetro	m	3
Potencia	HP	100
Velocidad	rpm	8

8. CONCLUSIONES

Con el fin cumplir la normatividad ambiental vigente y futura, teniendo procesos operacionales más limpios para los funcionarios y la comunidad; con el fin de proporcionar un Lay-Out o disposición de equipos que generen facilidades de mantenimiento sin comprometer la producción y con el fin también de proporcionarle a la planta una mayor capacidad instalada que permita atender mercados nacionales e internacionales que demandan Fertilizantes Complejos, se hace necesario implementar cambios que redundarán desde el corto plazo en beneficios para la Organización, así:

8.1 BENEFICIOS AMBIENTALES:

- Mejoramiento del sistema de Líneas de Transporte por la minimización del encostramiento en los ductos de extracción de polvos provenientes del tambor enfriador.
- Mejoramiento de la calidad del aire emitido a la atmósfera producto de las etapas de Neutralización y Enfriamiento.

8.2 BENEFICIOS TÉCNICOS:

- Obtención de una mejor flexibilidad en el mantenimiento con la posibilidad de hacer reparaciones a la vasija, al nuevo compresor o a cualquiera de sus componentes, sin comprometer la producción.

- Aumento de los tiempos entre Paradas de Planta.

Se pasa de 6 paradas en el año a 5 Paradas de mantenimiento por ciclo.

- Disminución en un 15% de los tiempos de ejecución de Paradas de Planta programadas.

Se pasa de las 36 horas actuales a 30 horas.

- Aumento de los Tiempos Medio Entre Fallas de los equipos críticos de la Planta
- Disminución de los Tiempos de Restauración.

8.4 BENEFICIO ECONÓMICO:

- AUMENTO DE PRODUCCIÓN POR NUEVOS EQUIPOS

Con un Margen de Rentabilidad de \$US15000 y una producción anual adicional de 30.000TM, se obtendrá un ingreso marginal de \$US 4'500.00000

$$30.000Tn \times \$US 150 \longrightarrow \mathbf{\$US 4'500.00000}$$

- AHORRO DE UNA PARADA DE PLANTA (1,5 días) AL AÑO

Costo del mantenimiento de una parada de Planta (repuestos y mantenimiento) = \$US28.261

- DISMINUCIÓN DE 6 HORAS (de 36 a 30 horas)

Disminución en 6 horas (de 36 a 30 horas) por cada una de las cinco paradas que quedarían en el año. La Planta produce en promedio 1000 toneladas de Fertilizante.

La Planta produce en promedio 1000 toneladas de Fertilizantes diarias

$$6 \text{ horas} \times 5 \text{ Paradas} \longrightarrow 30 \text{ horas} = 1.25 \text{ días}$$

$$1.5 \text{ días} + 1.25 \text{ días} \longrightarrow 2.8 \text{ días}$$

$$1000 \text{ Ton} \times 2.8 \text{ días} \longrightarrow 2800 \text{ Toneladas}$$

$$2800 \text{ Ton} \times \$US 150 \longrightarrow \mathbf{\$US 420.000oo}$$

$$\mathbf{\$US 4'500.000oo + \$US 420.000oo + \$US28.261 \longrightarrow \$US 4'948.261}$$

BIBLIOGRAFIA

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 157 p

BAUMEISTER, Theodore y AVALLONE, Eugene. Manual del Ingeniero Mecánico. 8 ed. Bogotá, Colombia: McGraw Hill 1982. 340 p.

"Ácido fosfórico." Microsoft® Encarta® 2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 2006.

DEL RAZO, Hernández Adolfo, "Sistemas Neumáticos e Hidráulicos: Apuntes de Teoría" Editorial: U.P.I.I.C.S.A, México D.F., 2001.

Manual del Proceso de la Planta de Fertilizantes

RESNICK, Roberto; HALLIDAY; WALKER. "Fundamentos de Física" Sexta Edición, Editorial: Compañía Editorial Continental, México D.F., 2001, p: A-7

BIPM / ISO. *Guía para la expresión de las incertidumbres de las mediciones*. Buró Internacional de Pesas y Medidas; Normas ISO, 1994.

MARTÍNEZ-Viera, R. 1986. Ciclo biológico del Nitrógeno. Cap. I y II. Ed. Científico Técnica. La Habana

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Monografías de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 65 p

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 192 p

Hoja de Firmas

Director
