



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un Sistema de Recuperación de Polvo Detergente”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Luis Antonio Villavicencio Franco

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2007

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo, por la información, apoyo y consejo brindado.

DEDICATORIA

A MIS PADRES, HERMANO Y
ESA PERSONA ESPECIAL
CUYA INSISTENCIA
PERMANENTE HICIERON
QUE TERMINARA ESTE
TRABAJO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECTICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Luis Antonio Villavicencio Franco

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

Ing. Federico Camacho B.
VOCAL

RESUMEN

El presente trabajo se desarrollo en una empresa dedicada a la elaboración de polvo detergente en la cuál actualmente me encuentro trabajando, esta localizada en la ciudad de Guayaquil y tiene una capacidad de producción de 350 Ton. por día de polvo detergente, dispone de 7 líneas de envasado de producto que trabajan con distintos formatos

Desde hace algún tiempo el nivel de reproceso de polvo ha aumentado debido al incremento de producción y aumento en el tamaño de formatos, después de analizar el problema usando herramientas de TPM(Mantenimiento Productivo Total), surgieron acciones para controlar el nivel de desperdicio, y para recuperarlo en línea si tener que almacenarlo, es por esto que en el presente estudio se encuentran cuatro posibles soluciones que fueron evaluados para hacer el diseño completo de la mejor que cumpla con los criterios definidos previamente.

Las principales dificultades para diseñar el sistema de recuperación de polvo detergente era tener un diseño que pueda reprocesar el polvo en línea en una área cerca de los operadores que no aumentará la polución en el ambiente de trabajo, para esto usamos el principio de flujo laminar aplicado a una cabina, asegurando que el material particulado generado por la operación se limpie con filtros de alta eficiencia antes de salir. Para

transportar el polvo se presentan algunas soluciones, entre ellas algunas que usan el aire como medio de transporte y necesitan filtros que limpien el aire antes de salir al ambiente de trabajo, también se habla en detalle de la aplicación de filtros según la concentración de material particulado que se transporta.

En el desarrollo de esta tesis se presenta también un análisis de flujo de caja que junto con los beneficios ambientales y de seguridad en la operación, justifican la inversión para aportar a la solución de disminuir el nivel de reproceso en la planta de polvos.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGIA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. ANTECEDENTES	2
1.1 Objetivos de la tesis.....	2
1.2 Metodología utilizada en la tesis.....	3
1.3 Estructura de la tesis.....	5
CAPITULO 2	
2. PROCESO DE MANUFACTURA DE POLVO DETERGENTE.....	8
2.1. Procesos Auxiliares.....	8

2.1.1.	Proceso de Sulfonación.....	9
2.1.2.	Proceso de Disolución de Silicato de Sodio.....	14
2.2.	Proceso Primario.....	14
2.2.1.	Soplado de Materias Primas.....	15
2.2.2.	Preparación de Slurry.....	16
2.2.3.	Atomización y Secado de Slurry.....	17
2.2.4.	Post-Adición.....	18
2.2.5.	Envasado de Producto Terminado.....	19
2.3.	Puntos Críticos de Control en el Proceso.....	20
2.4.	Controles de Actividad Enzimática en el Proceso.....	23

CAPITULO 3

3.	APLICACIÓN DE TPM PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE REPROCESO.....	26
3.1.	Breve Descripción de TPM y sus Pilares.....	26
3.2.	Aplicación del Pilar Mejora Enfocada.....	33
3.2.1.	Chequear.....	34
3.2.2.	Analizar.....	35
3.2.3.	Planear.....	38

CAPITULO 4

4.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVO DETERGENTE.....	40
4.1.	Sistema Actual de Recuperación de Polvo Detergente.....	40
4.2.	Selección del Sistema de Recuperación de Polvo Detergente.....	41
4.2.1.	Matriz de Decisión.....	46
4.2.2.	Análisis de Resultados.....	48
4.3.	Diseño de Forma.....	48
4.3.1.	Cabina de Flujo Laminar.....	49
4.3.2.	Colector de Polvo.....	52
4.4.	Dimensionamiento y Cálculos.....	63
4.4.1.	Cabina de Flujo Laminar.....	63
4.4.2.	Colector de Polvo.....	68
4.5.	Selección de Equipos.....	76
4.5.1.	Prefiltros y Filtro de Alta Eficiencia.....	76
4.5.2.	Filtro de Mangas.....	78
4.5.3.	Ventilador.....	78
4.5.4.	Motor eléctrico.....	79

CAPITULO 5

5.	PROGRAMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVO DETERGENTE.....	81
5.1.	Cronograma de Construcción.....	81
5.2.	Secuencia de Ensamble.....	84
5.3.	Pruebas y Ajuste.....	87

CAPITULO 6

6.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA.....	89
6.1.	Costos del Sistema de Recuperación de Polvo Detergente....	89
6.2.	Descripción de Gastos Situación Actual vs. Situación Propuesta.....	92
6.3.	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.....	93

CAPITULO 7

7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
7.1.	Conclusiones.....	96
7.2.	Recomendaciones.....	99

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

TPM	Mantenimiento Productivo Total
SO ₂	Dióxido de Azufre
SO ₃	Trióxido de Azufre
LAB	Lineal Alquil Benceno
V ₂ O ₅	Pentóxido de Vanadio
NaOH	Soda Cáustica
mmHg	Milímetros de Mercurio
Ton	Toneladas
Kg.	Kilogramos
Usd.	Dólares Americanos
gr	gramos
l.	litros
°C	grados Celsius
µg	Microgramos
EPS	Precipitador electrostático
HEPA	Filtro superficial de alta eficiencia
inH ₂ O	pulgadas de agua
Pa	Pascal
ASTM	Sociedad Americana para pruebas de materiales
Hp	Caballos de fuerza
mm.	Milímetros
h	Horas
PLC	Sistema Lógico Programable
Kw	Kilovatios
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

SIMBOLOGIA

ε	Rugosidad de ductos
f	Coefficiente de fricción de tubería
μ	viscosidad estática del aire
ρ	Densidad
D_H	Diámetro hidráulico
ΔP	Diferencial de presión estática
D_m	Diámetro de manga
π	Número Pi (3,1416)
R_{at}	Relación aire tela
V_i	Velocidad intersticial
Re	Número de Reynolds

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Cabina de Aspiración.....	25
Figura 3.1	Objetivos Básicos de TPM.....	30
Figura 3.2	Pilares de TPM.....	32
Figura 3.4	Formato de Recolección de Datos.....	34
Figura 3.5	Análisis de Pareto del Nivel de Reproceso.....	36
Figura 3.6	Análisis 5W y 1H.....	37
Figura 4.1	Esquema de Cabina de Flujo Laminar.....	50
Figura 4.2	Separador por Gravedad.....	53
Figura 4.3	Ciclón.....	55
Figura 4.4	Precipitador Electroestático.....	56
Figura 4.5	Filtro de Manga.....	58
Figura 4.6	Elementos de Filtro de Manga.....	59
Figura 4.7	Manga tipo Snap Band.....	71
Figura 4.8	Típico Arreglo para Filtros de Cabina Flujo Laminar.....	77
Figura 5.1	Ruta Crítica Sistema de Recuperación de Polvo Detergente.....	83
Figura 5.2	Instalación de filtros en cabina de Flujo Laminar.....	84
Figura 5.3	Válvula de aire.....	85
Figura 5.4	Válvula de venteo.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Formatos de líneas de producción.....	19
Tabla 2	Resultados del Nivel de Reproceso por línea.....	35
Tabla 3	Criterios de Evaluación de Alternativas.....	46
Tabla 4	Peso de los siete criterios.....	46
Tabla 5	Alternativas de diseño.....	47
Tabla 6	Evaluación de los cuatro diseños.....	47
Tabla 7	Resultados Ponderados de los cuatro diseños.....	48
Tabla 8	Propiedades del Polvo Detergente.....	48
Tabla 9	Consumo de Energía Eléctrica por tipo de Colector de Polvo....	61
Tabla 10	Eficiencia de recolección de particulado según tipo de Colector de polvo.....	62
Tabla 11	Aplicación de Colector versus propiedades de polvo.....	62
Tabla 12	Clases de Filtros Superficiales.....	65
Tabla 13	Datos para dimensionar Filtro de Mangas.....	68
Tabla 14	Alternativas para Construcción de Filtro de Mangas.....	70
Tabla 15	Dimensiones de Filtro de Mangas.....	72
Tabla 16	Rugosidad Media de Tubos Comerciales.....	74
Tabla 17	Resumen de Datos para calculo de pérdida de presión por tubería.....	75
Tabla 18	Perdida de presión por filtros.....	75
Tabla 19	Costo de Cabina Flujo Laminar.....	90
Tabla 20	Costo de Colector de Polvo de reproceso.....	90
Tabla 21	Gasto de Energía Eléctrica Anual.....	91
Tabla 22	Gasto de Mantenimiento.....	91
Tabla 23	Gasto Situación Actual.....	92
Tabla 24	Gasto Situación Propuesta.....	93
Tabla 25	Flujo de Caja.....	94

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Diseño de Forma A
Plano 2	Diseño de Forma B
Plano 3	Diseño de Forma C
Plano 4	Diseño de Forma D
Plano 5	Cabina de Flujo Laminar
Plano 6	Filtro de Mangas
Plano 7	Esquemático Transporte de Polvo
Plano 8	Sistema de Recuperación Polvo Detergente
Plano 9	Ventilador Filtro de Manga
Plano 10	Tipicos de Juntas
Plano 11	Junta Cabina con Colector de Polvo

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de esta tesis se logrará diseñar un sistema de recuperación de polvo que se instalará en una planta de polvo detergente como parte de la solución para disminuir el inventario de reproceso.

En primer lugar se debe definir cuál es la cantidad de polvo a reprocesar en cada una de las líneas de producción por tamaño de formato y por día; estos datos junto con las propiedades del polvo son datos de entrada para dimensionar los equipos que forman parte del presente diseño.

También se hará uso de herramientas TPM para analizar el problema de reproceso de polvo detergente y disminuirlo hasta llegar a la meta que se propone.

Luego de dimensionar los equipos, se presentará un diagrama de gantt en donde se muestran todas las tareas que se necesitan ejecutar para la construcción del diseño propuesto. Finalmente se realizará un análisis financiero que justifique la inversión y detalle los principales ahorros que genera el diseño propuesto

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

La presente tesis se desarrolla dentro de una planta industrial de Polvo Detergentes que posee 7 líneas de producción. El trabajo se presenta debido a la necesidad de reprocesar el polvo detergente que se genera en la última etapa del proceso es decir el área de envasado. A través de las herramientas de análisis del Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se identificó el problema mencionado. Finalmente el estudio tiene con objetivo diseñar un sistema de recuperación de polvo detergente.

1.1. Objetivos de la tesis

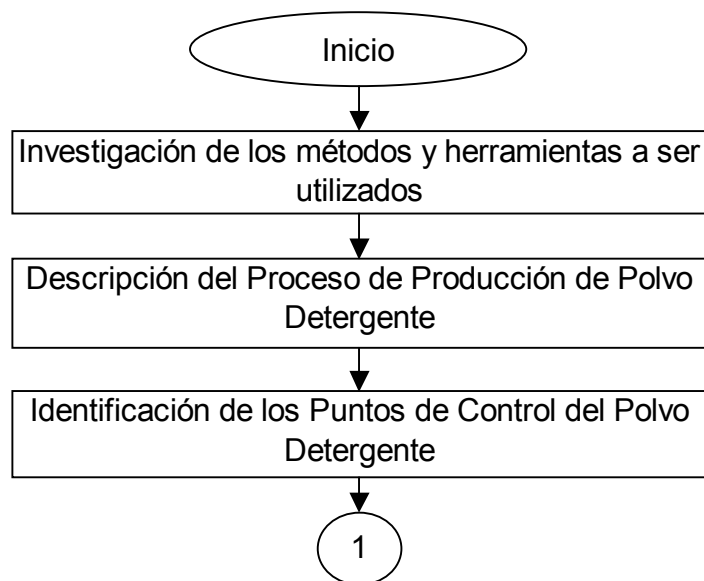
El objetivo general de esta tesis es analizar el principal problema de las líneas de producción de polvo detergente y proponer mejoras para disminuir el reproceso y recuperar automáticamente el polvo detergente sin usar recursos adicionales de operación.

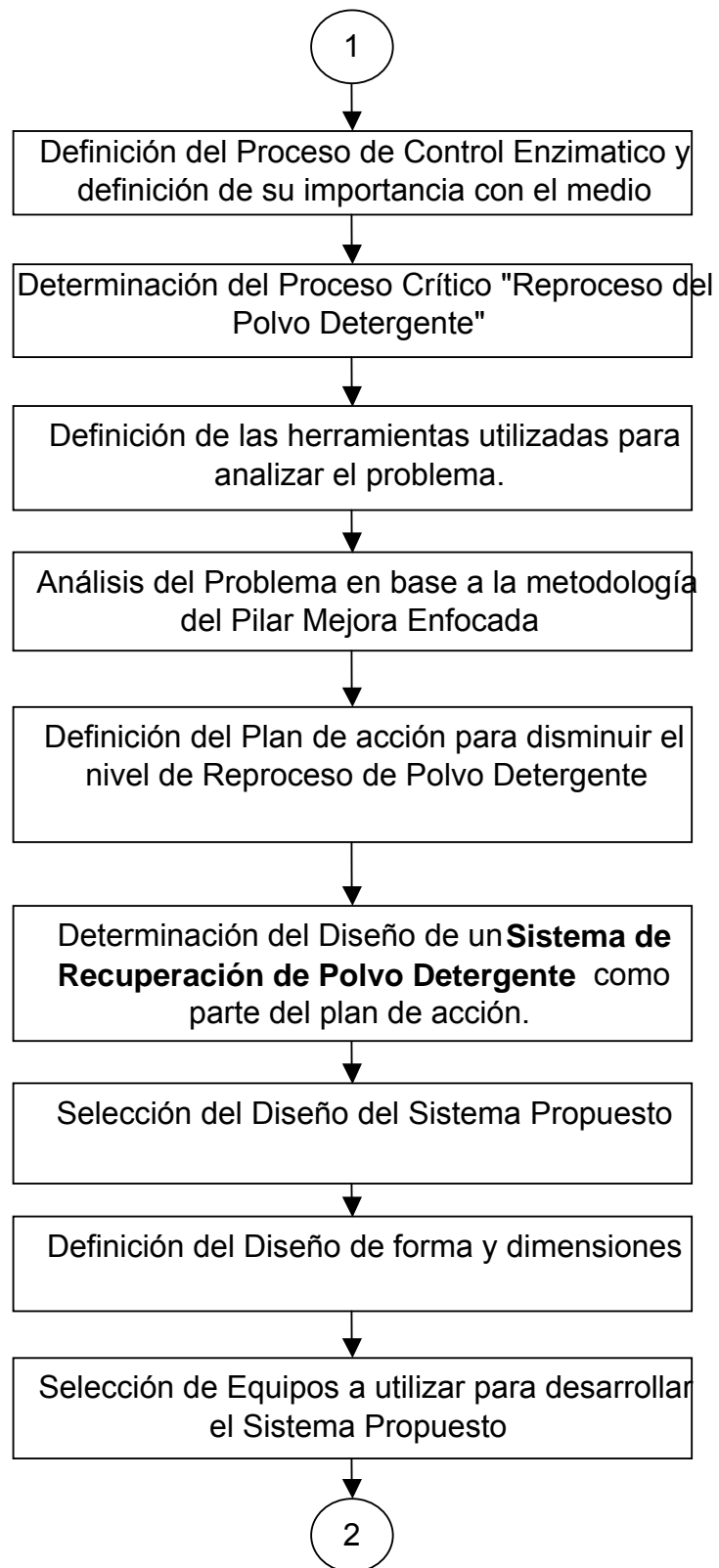
Los objetivos específicos son:

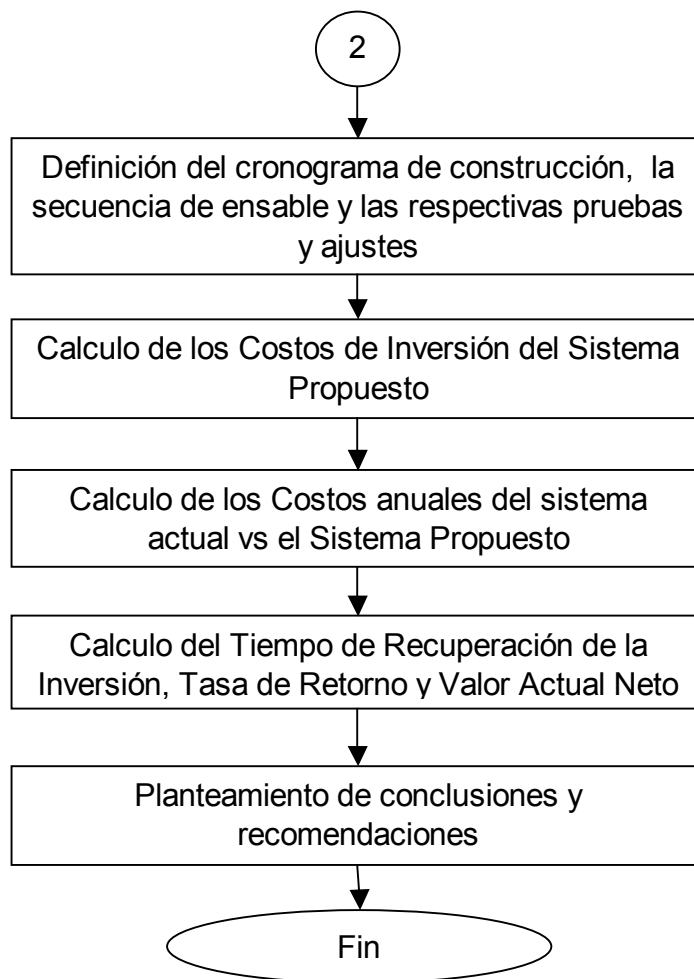
- Determinación de los principales problemas de las líneas de producción de Polvo Detergente.
- Definición de Ideas de Mejora para la disminución de reproceso de Polvo Detergente.
- Justificación financiera del desarrollo de una Sistema de Recuperación de Polvo Detergente.

1.2. Metodología utilizada en la tesis

La metodología utilizada en la tesis se la describirá con el siguiente diagrama de bloques.







1.3. Estructura de la tesis

A continuación se presenta una breve descripción de cada capítulo.

Capítulo 2

En este capítulo se describe el proceso de producción de polvo detergente enmarcado en dos etapas: procesos auxiliares y

procesos primarios. Además se mencionan los puntos críticos de control en el proceso.

Capítulo 3

En este capítulo se realiza la descripción general del proceso de Mantenimiento Productivo Total y sus diferentes herramientas. En base a uno de los pilares de TPM, Mejora Enfocada, se realiza el análisis del Reproceso de Polvo Detergente identificándose los principales problemas. En este capítulo se identifica la necesidad de diseñar un Sistema de Reproceso de Polvo Detergente.

Capítulo 4

En este capítulo se selecciona el diseño del Sistema de Recuperación de Polvo Detergente a través de una matriz de decisión. Luego se realiza el diseño de forma indicándose las respectivas dimensiones y cálculos además de realizarse la selección de equipos.

Capítulo 5

En este capítulo se detalla el programa de construcción del sistema de recuperación de Polvo Detergente. Se detalla el cronograma de

construcción, la secuencia de ensamble y las respectivas pruebas y ajustes.

Capítulo 6

Este capítulo se realiza el estudio de factibilidad económica de la implementación del Sistema de Recuperación de Polvo Detergente. Este sistema esta compuesto por tres etapas: primero, el costo de inversión del diseño propuesto, comparación de la situación propuesta versus la actual y el cálculo del retorno de la inversión.

Capítulo 7

En este capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante este estudio.

CAPITULO 2

2. PROCESOS DE MANUFACTURA DE POLVO DETERGENTE

Este capítulo tiene como objetivo la descripción del proceso de Polvo Detergente, para tales efectos se desarrollará el tema en dos etapas:

- Procesos Auxiliares
- Procesos Primarios

2.1. Procesos Auxiliares

Los procesos auxiliares son todos aquellos que convierten las materias primas en un semielaborado que se utilizarán en el proceso primario. Los procesos auxiliares son dos:

- Proceso de Sulfonación
- Proceso de Autoclave

2.2.1. Proceso de Sulfonación

El proceso de sulfonación comprende la reacción básica del gas de SO_3 con el lineal alquil benceno o llamado LAB para la formación de ácido sulfónico.

Para mayor detalle en el Anexo 1 se visualiza el Diagrama del Proceso de Sulfonación.

Para empezar el proceso de conversión de SO_2 a SO_3 se requiere aire 100% seco, a este aire se lo denomina aire de proceso.

El aire de proceso se obtiene ingresando forzosamente aire del medio ambiente a través de un soplador, este flujo de aire pasa luego por un equipo de enfriamiento llamado grupo frigorífico, el mismo que está provisto de baterías o paneles tipo radiador enfriadas con agua a 0°C que se obtiene a través de un chiller, llegando a condensar parte de la humedad del aire, este volumen de aire seco se dirige a una torre deshumidicadora rellena con SILICA-GEL, en esta torre es secado el aire constituido de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno.

El aire sale de la torre y se dirige al horno de combustión donde reacciona con el azufre que ingresa a 150° C .

Por otro lado el azufre en estado sólido es depositado en el prefusor, allí empieza a fundir a 117° C, luego pasa al neutralizador donde se calienta con la ayuda de 4 baterías (125° C), se homogeniza y es bombeado al fusor pasando por un filtro de placas el cual va a ayudar a retener las impurezas del azufre como el bitúmen.

Llega al fusor donde funde completamente a una temperatura de 150° C, pasa por intermedio de 4 placas con filtros, 2 son internos y 2 son laterales externos los mismos que ayudarán a la retención de impurezas, luego pasa a un sistema de dos bombas dosificadoras de azufre, una es de emergencia en caso de falla.

El horno de combustión necesita 15 minutos de calentamiento antes de bombear azufre para que una vez que ingresa el azufre fundido empiece a combustionar y se forme SO₂, esta reacción exotérmica elevará la temperatura del horno hasta

650-700 °C a la salida del horno, el gas de SO₂ y el excedente de aire pasan a un intercambiador de calor llamado Tromboculler donde se enfrían los gases a una temperatura de 450°C, ingresando por un filtro de SO₂ el mismo que atrapa pequeñas partículas de azufre sublimado evitando que sean arrastradas a la torre de conversión.

Ingresa a la torre de conversión y entrando en contacto con el catalizador pentóxido de vanadio (V₂O₅) se convierte aproximadamente 98% del SO₂ en SO₃.

La torre de conversión o catálisis está conformada por 4 lechos distribuidos cada uno con diferentes cantidades, tipos y granulometría.

Cuando el gas ingresa a la torre se debe mantener la temperatura lo más baja posible a la entrada de cada lecho para que sea mayor el salto térmico.

Se realiza un enfriamiento a la salida del primer estrato con ayuda de un intercambiador de calor horizontal e ingresa a un segundo estrato; para el enfriamiento del tercer y cuarto

estrato utilizamos aire de dilución o de proceso que tiene como finalidad enriquecer y aumentar el rendimiento de la conversión de la torre.

En la torre de conversión se puede fijar solo las temperaturas de entrada, las de salida dependen de factores como concentración del SO_2 , la velocidad con la que pasan los gases por los lechos, estado del catalizador y desperdicio térmico

El SO_3 , las trazas de SO_2 que no se convirtieron y exceso de aire salen de la torre con una temperatura de 450-460 °C ingresan a un intercambiador de calor vertical en el que se enfría a 150 °C, ingresa al segundo intercambiador de calor y se obtiene una temperatura de 45-55 °C , este gas pasa por un filtro de SO_3 para retener las partículas de óleum que se forman en el proceso.

Con esta temperatura entra a los sulfonadores o reactores multitubos (conectados en serie entre sí por una línea de rebose) para combinarse con el LAB formándose ácido sulfónico; la temperatura de esta reacción es controlada por

agua de enfriamiento que circula por serpentines y la camisa del sulfonador. Es muy importante este enfriamiento ya que puede subir la viscosidad de la materia orgánica llegando a oscurecerse el ácido sulfónico.

Con el fin de lograr que reaccionen las pequeñas trazas de SO_3 y LAB libres presentes en el ácido sulfónico formado, estas ingresan a un tanque madurador – estabilizador en donde primero se realiza homogenización y luego hidrólisis rompiendo los anhídridos para producir ácido sulfúrico.

Luego después de estar completada todas las reacciones el ácido sulfúrico es bombeado a tanques de almacenamiento para ser posteriormente usado para producir pasta, materia prima líquida necesaria para la producción de polvo detergente.

Los gases que salieron de los sulfonadores se dirigen a un ciclón y al electrofiltro el mismo que se encargará de eliminar o ionizar las partículas de SO_3 libres que queden, el restante SO_2 y SO_3 continuará hasta el scrubber o lavador de gases donde reaccionan con solución de soda cáustica (NaOH)

obteniendo sulfito de sodio. De aquí es bombeado a la torre de oxidación en donde el sulfito de sodio se convertirá en sulfato por acción del aire, el sulfato de sodio sale por rebose al tanque de sulfato de donde será bombeado como materia prima en la fabricación de polvo detergente.

2.1.2. Proceso de Disolución de Silicato de Sodio

El proceso de disolución de silicato de sodio piedra comienza con el ingreso al Autoclave de agua necesaria para obtener una concentración determinada de silicato.

Después ingresamos la cantidad de silicato en piedra necesaria con ayuda de un tecla hasta la parte superior del tanque presurizado para luego introducir vapor durante 3 horas de esta manera el silicato en piedra se fundirá y obtenemos la concentración de silicato necesaria para que este sea usado como materia prima líquida en el proceso de manufactura de polvo detergente.

2.2 Proceso Primario

El proceso primario de Producción de Polvo Detergente esta comprendido en 5 etapas:

- Soplado de Materias Primas
- Preparación de Slurry
- Atomización y Secado de Slurry – Preparación de polvo base
- Post Adición
- Envasado de Producto Terminado

2.2.1. Soplado de Materias Primas

En esta área se transportan por aspiración todas las materias primas necesarias en el proceso, tanto para la preparación de slurry como para la post-adición.

En el Anexo 2 se visualiza el proceso de Soplado de Materias Primas.

Existen tres tolvas con sus respectivos compresores en donde son dosificadas manualmente todas las materias primas necesarias que son:

- Sulfato
- Tripolifosfato
- Mezcla
- Carbonato de Sodio

Estas materias primas son depositadas en silos de almacenamiento para su posterior mezcla en un tornillo transportador, la dosificación de cada una de ellas depende del tipo de producto que se requiera

2.2.2. Preparación de Slurry

El slurry es la mezcla de todas las materias primas sólidas que son transportadas a través del tornillo mezclador para luego juntarse con todas las materias primas líquidas que fueron hechas en los procesos auxiliares que son la pasta y el silicato de sodio, en estas también se incluyen agua potable y el agua de recuperación de proceso, además de estas existen aditivos que ayudan a aumentar la densidad y dar color al polvo, tanto las materias primas líquidas y sólidas son controladas con celdas de carga para asegurar la dosificación necesaria.

La preparación del slurry se da en tres tanques mezcladores que actúan cada uno por rebose, asegurando que se forme una sola masa consistente, viscosa y homogénea, con un leve color azul debido a los aditivos

Una vez preparado el slurry pasa a través de un filtro autolimpiante donde se retienen las impurezas, después el slurry es depositado en un tanque desaireador con ayuda de una bomba de transferencia, a una presión aproximada de 300 mmHg con el fin de quitar la mayor cantidad de aire al slurry para asegurar tener una densidad alta y uniforme, por gravedad se dirige a un tanque de goteo, después pasa por un nuevo filtro y se dirige a la bomba de baja presión para finalmente terminar en una bomba de pistones de alta presión, la misma que impulsa el slurry hasta el circuito de boquillas ubicada en la torre de secado.

2.2.3. Atomización y Secado de Slurry

En esta etapa del proceso el slurry bombeado a alta presión llega al circuito de boquillas ubicada en la torres de secado en donde fluye aire caliente generado por un horno de combustión, esta reacción ocasiona que el slurry se seque y caigan por gravedad granos de slurry secos que toman el nombre de polvo base.

Las partículas muy finas son llevadas por el aire caliente en contra flujo hasta un filtro de mangas para gases exhaustos, todo el aire caliente que sale del filtro es recuperado en circuito cerrado dentro de la torre.

El polvo base sedimentado es transportado hasta un ducto grande de aspiración llamado Air Lift en donde también se dosifica sulfato de sodio con el fin de ganar densidad, todo este polvo se dirige hasta la parte más alta de la planta; con el fin de evitar polución, a la salida del air lift está ubicado otro filtro de mangas que ayuda a recuperar todas las partículas pequeñas que no se sedimentaron, el polvo base transportado por el air lift es almacenado en dos silos de gran capacidad.

El proceso mencionado se visualiza en el Anexo 3.

2.2.4. Post Adición

En esta etapa del proceso se dosifican las materias primas que identifican el producto que será envasado, existen silos pequeños para polvo base, enzimas, carbonato de sodio, mezclas, cada uno de estos pequeños silos tienen celdas de

carga y dosifican según formulación, estas dosificaciones son controladas a través de un panel electrónico manejado por un software.

**TABLA 1
FORMATO DE LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN**

FORMATO	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6	LINEA 7
100 gr	X						
200 gr		X					
400 gr			X				
800 gr				X			
1 Kg					X		
2 Kg						X	
5 Kg							X

Una vez dosificadas cada una de las materias primas necesarias para un variante de detergente en particular, estas se dirigen a un mezclador rotativo en donde se atomiza el perfume en estado líquido, para obtener a la salida del mezclador el producto terminado listo para envasar, el proceso mencionado se visualiza en el Anexo 4.

2.2.5. Envasado de Producto Terminado

El polvo terminado que se encuentra almacenado en los silos es envasado en fundas mediante siete máquinas envasadoras de alto rendimiento que manejan distintos formatos con distintas velocidades de envasado, la disposición de las mismas se encuentran en la Tabla 1

Las máquinas envasadoras tienen velocidades desde 20 fundas por minuto en formatos grandes hasta 80 fundas por minuto en formatos pequeños, el material de las fundas plásticas es polietileno de alta densidad con un espesor promedio de 30 micras

2.3 Puntos Críticos de Control de Proceso

Existen algunos parámetros que se controlan antes de obtener el producto terminado, con el objetivo de asegurar uniformidad de peso en cada fundita, evitar apelmazamiento de polvo y obtener la fluidez necesaria para no tener problemas en el envasado.

Para asegurar que estas propiedades se cumplan, existen análisis de producto terminado cuyas muestras se toman en el área de envasado y estas son:

- Control de Peso
- Control de Humedad
- Control de Color
- Control de Densidad
- Control de Trazabilidad

Control de Peso

Cada máquina envasadora tiene equipos de control llamados Check Weighters, que son balanzas electrónicas conectadas al sistema electrónico de la máquina envasadora, su función es mantener el peso programado.

La lógica es sencilla, una balanza toma el peso, lo envía a un convertidor de señal, este envía un impulso eléctrico al sistema electrónico de altura del plato dosificador y este sube o baja el peso de acuerdo al peso que se leyó en la balanza. Si el peso está por encima del estándar se baja el plato dosificador, y si este está por debajo del estándar se eleva el plato dosificador.

En cada turno se toman algunas datos que da el check weighter como el número de funditas por encima, dentro y por debajo del estándar.

Control de Humedad

Se toman aleatoriamente muestras en el área de envasado cada hora y se realiza un análisis de humedad, este tiene que estar dentro de los límites estandarizados por la planta, para evitar

apelmazamientos en silos de envasado y transporte hacia los respectivos centros de distribución.

Las directas causales para tener altas humedades, son las altas concentraciones de agua en el silicato (autoclave) y la calidad de pasta (sulfurex).

Control de Color

Otro importante parámetro a controlar es el color del polvo, cada familia de polvo detergente tiene un color en particular que debe conservarse en el tiempo, si este cambia, es debido a calidades de colorante y mal lavado de líneas de slurry.

Es muy importante guardar funditas de detergente por parte del área de calidad debido a que el polvo puede cambiar de color con el tiempo debido a propiedades químicas de los colorantes, de esta manera con ayuda de la trazabilidad se pueden evitar reclamos de clientes.

Control de Densidad

Debido a la complejidad del proceso de manufactura de polvo detergente, mezcla de materias primas granuladas con distinta

densidad, la densidad de polvo detergente varía en cada una de las etapas del proceso.

En cada una de las etapas del proceso los operadores controlan la densidad correspondiente., de tener variaciones alta de densidad se me hace muy difícil envasar el polvo en las máquinas envasadoras ya que sus sistemas dosificadores usan vasos volumétricos

Control de trazabilidad

Todas las funditas tienen que tener impreso la fecha en que se envasaron, el turno y el número de máquina, si no tiene ninguno de estos números el producto es puesto en cuarentena hasta marcale la respectiva trazabilidad.

Con estos datos se pueden investigar problemas de reclamos de clientes, y tomar acciones inmediatamente.

2.4 Controles de actividad enzimática en el Proceso

Debido a que el polvo detergente por el mismo proceso de producción genera material en partículas que se pueden esparcir en el entorno es imprescindible tener elementos filtrantes que ayuden a disminuir la probabilidad de tener afecciones pulmonares, por esto

motivo la planta tiene dos filtros de mangas que controlan la actividad de material particulado de polvo base.

A parte de tener material particulado, también tenemos actividad enzimática que es generada en el proceso de post-adición, para esto se tienen tres filtros de mangas, uno que atiende a todas las máquinas envasadoras, otro ayuda a evitar polución en todos los transportadores de polvo terminado y el último atrapa todo el polvo fino del transporte de todas las materias primas que se dosifican en post adición.

Se tiene especial cuidado de que los operadores manipulen enzima pura, para esto se dispone de una cabina de flujo laminar, donde el operador entra con un traje que cubre todo su cuerpo y para evitar inhalación de enzimas se dispone de mascarillas protectoras, ningún operador puede manipular enzimas en otra área que no sea la CABINA DE FLUJO LAMINAR PARA MANEJO DE ENZIMAS, en este lugar el operador dosifica el tipo de enzima según el correspondiente producto terminado

El proceso productivo también exige que se mide la actividad enzimática en los lugares de manejo de enzima pura y producto

terminado de manera directa; para el efecto se dispone de FILTROS GALLEY; que son equipos que simulan respiraciones de un ser humano, en la parte superior del mismo se dispone de una tela filtro que atrapa todo el material particulado que existe en el ambiente, el filtro siempre se ubica a 1 metro De la fuente de emisión, luego se efectúan los análisis respectivos para comparar los resultados con los valores máximos de actividad enzimática que se encuentran en el Anexo 4 “Specific She Estándar: Safe Handling of Enzymes.

La operación que tiene más contacto con manejo directo de polvo terminado es la de REPROCESO DE POLVO, como se menciona existen cabinas de aspiración para realizar esta actividad que se muestran en la siguiente figura 2.1



FIGURA 2.1 CABINA DE ASPIRACIÓN

CAPITULO 3

3. APLICACIÓN DE TPM PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE REPROCESO

El presente capítulo se describe el problema de reproceso de producto no conforme en las líneas de empaque y se aplican herramientas de TPM para solucionarlo

3.1 Breve Descripción de TPM y sus Pilares

La globalización y la inestabilidad económica actual, despierta en las empresas la necesidad de asegurar su sobrevivencia en un escenario cada vez más complejo y competitivo, la planificación estratégica y la flexibilización de la organización pasan a ser de importancia fundamental para la construcción de una sólida base empresarial.

En los últimos años se pueden observar acontecimientos que cambiaron el mundo y su economía, dentro de los cuales se citan

ejemplos como la unificación de la moneda Europea, papel de las economías asiáticas, la utilización de nuevos materiales para generar productos en los diversos segmentos, la importancia de la preservación del medio ambiente, la reestructuración de algunos países tradicionales, los atentados terroristas, las dificultades de las compañías aéreas, la apertura de los mercados de las telecomunicaciones, la evolución de la biotecnología – clonaciones, los derechos de los consumidores, la venta de vehículos parcelados con intereses cero, dentro de otros.

Las empresas precisan desarrollar medios para asegurar que sus productos continúen atendiendo a las expectativas de los clientes, generando un producto de mejor calidad, bajo costo, corto plazo de entrega y garantía asegurada para mantener la empresa de forma competitiva y lucrativa. La pérdida del cliente incide en la producción, en la facturación y en el mercado.

Las empresas preocupadas, buscan reducir sus costos gestionando en sus productos tendientes a mantener la competitividad, así mismo, algunos tuvieron que optar por la venta a grupos multinacionales, los cuales ya dominaban parte del mercado. En la era de la competitividad no es el mas fuerte el que vence o el mas

pequeño, sino el más veloz en responder a los drásticos y rápidos cambios en la demanda y en las expectativas del cliente.

La rápida evolución tecnológica y la globalización obligan a los ejecutivos a adoptar nuevas metodologías de trabajo para eliminar las ineficiencias y el potencial aun no utilizado de los activos empresariales, optimizándolos para ser mas competitivos en este escenario cada vez más difícil.

El Programa de Mantenimiento Total o TPM es considerado un modelo de gestión que optimiza la utilización de los activos empresariales (4M's: Hombre, Maquina, Material y Método) a través de la eliminación de las pérdidas, de la confiabilidad y maximización del uso de los equipamientos, de la re educación de las personas con el cambio de cultura y comportamiento, del perfeccionamiento de la capacitación técnica de los colaboradores, de mayor eficiencia administrativa, de la minimización de los riesgos de accidente del trabajo y riesgos ambientales, de la consolidación de la calidad asegurada, de la minimización de las ineficiencias en los nuevos productos, procesos y equipamientos.

La infra-estructura básica de TPM incorpora a todos los departamentos con el involucramiento de todos los empleados, desde la alta administración hasta los operadores de primera línea y con el cumplimiento riguroso de las actividades preestablecidas.

La organización define su aplicación en toda la empresa como gestión empresarial con resultados globales, en una planta fabril, un departamento, una célula de manufactura y hasta una línea productiva, limitándose a los resultados obtenidos en cada área específica.

El Programa de Mantenimiento Total o TPM ha evolucionado hasta el significado de Gestión de Lucro Total o Total Profit Management.

En la Figura 3.1 se visualizan los objetivos básicos del Programa de Mantenimiento Total

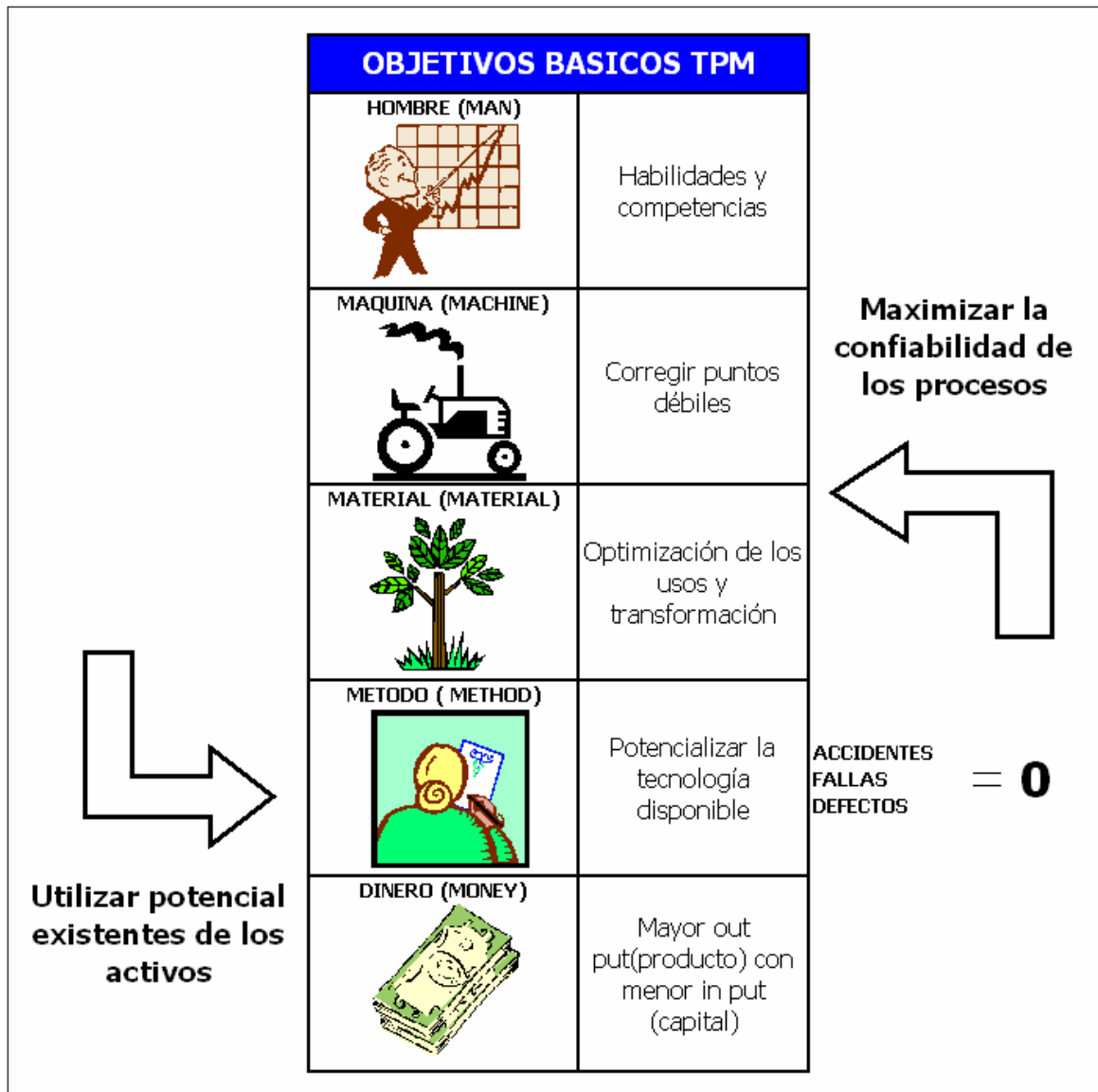


FIGURA 3.1 OBJETIVOS BÁSICOS DE TPM

Resultados

- Cambios, hábitos nuevos en las personas alterando sus actitudes de activas a proactivas
- Auto confianza en desarrollar actividades que buscan quiebra

cero, defecto cero, y accidente cero

- Satisfacción en el trabajo en lugar limpio, seguro y organizado
- Capacidad de trabajo en equipo, consenso de ideas y situaciones
- Orgullo en recibir visitantes que pueden transformarse en futuros clientes
- Fácil comunicación para exponer sus ideas o dificultades relativas a las actividades
- Familiarización con el método de identificación de problemas (fenómenos) y sus causas.
- Disminución de tiempos perdidos en máquinas
- Optimización de recursos , con métodos mejorados

Etapas de Implantación de TPM

Para el suceso de la implantación del TPM, se recomienda la aplicación de cuatro fases distintas:

Primera Fase – Preparación

Segunda Fase – Comienzo

Tercera Fase – Puesta en práctica

Cuarta Fase – Aplicación Continua

Cada una de estas fases se van desarrollando en los 8 pilares TPM que se muestran a continuación en la Figura 3.2.

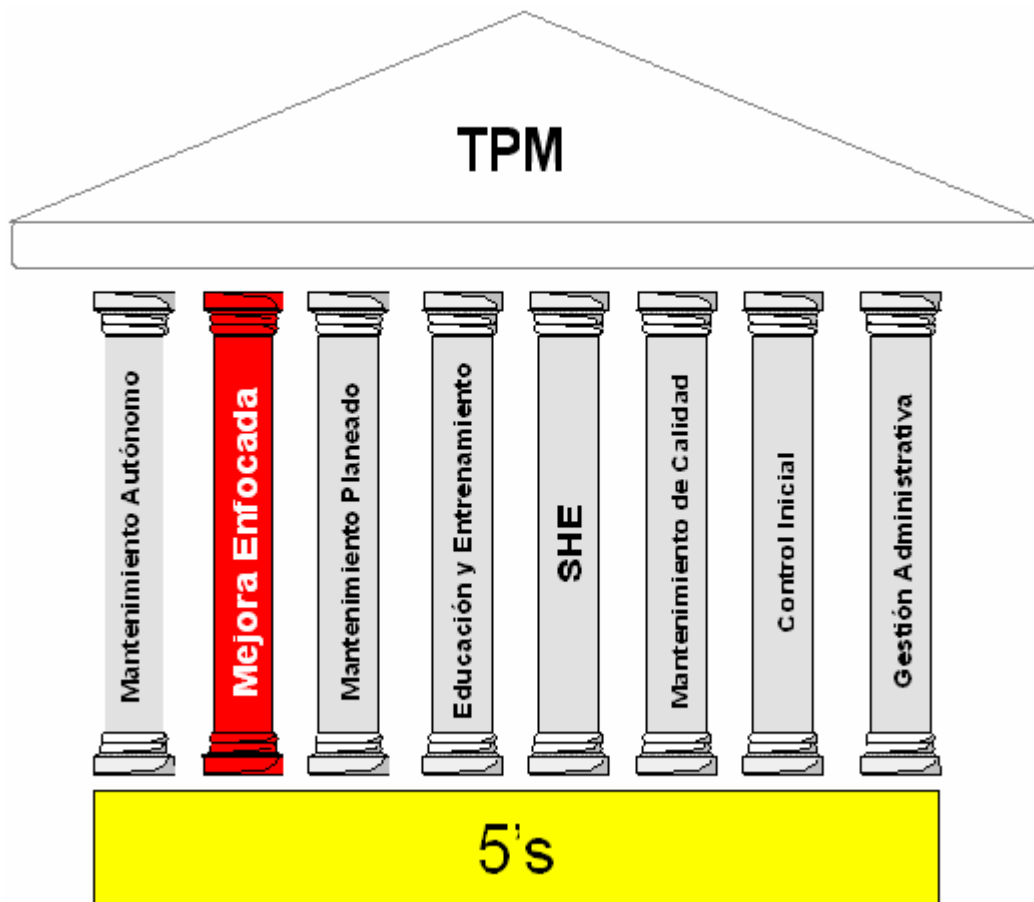


FIGURA 3.2 PILARES DE TPM

3.2 Aplicación del pilar mejora enfocada

Siguiendo la metodología primero se definen los objetivos y metas para el disminuir el Reproceso de Polvo Detergente, luego se identifica el fenómeno desarrollando las siguientes fases:

- Chequear
- Analizar
- Planear
- Hacer

A continuación se detallan los objetivos:

- Disminuir la cantidad de reproceso generada en las líneas de envasado.
- Obtener ahorros a través de optimización del proceso de reproceso.
- Disminuir el contacto directo del polvo enzimático con los operadores

La meta se define a continuación:

- Tener 0.6% de reproceso vs. Producción al término del segundo semestre del año 2007.

3.2.1 Chequear

Es el proceso de obtención de datos del nivel de reproceso de cada una de las máquinas envasadoras, en base a esta información y con la ayuda de un análisis de Pareto se identifican las máquinas que generan el nivel más alto de reproceso y que luego serán las máquinas a estudiar.

A continuación se detalla el formato utilizado para la recolección de información.

KAIZEN REPROCESO DE POLVO				
FECHA:			TURNO:	
MAQUINAS	OPERADOR	FORMATO	PRODUCCIÓN	REPROCESO
LINEA 1				
LINEA 2				
LINEA 3				
LINEA 4				
LINEA 5				
LINEA 6				
LINEA 7				
ASISTENTE DE TURNO : <input type="text"/>				

FIGURA 3.4 FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.2.2. Analizar

Con la información recopilada en un periodo de seis meses se analiza y se define las máquinas que generan la mayor cantidad de reproceso y luego se requiere de un análisis de pareto.

**TABLA 2
RESULTADOS DEL NIVEL DE REPROCESO POR LINEA**

RESUMEN DE DATOS DE REPROCESO (OCT-MAR en Kg.)									
MESES		LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6	LINEA 7	TOTAL
OCTUBRE	Reproceso	26	16	14	18	16	40	69	198
	Producción	1,174	941	1,277	1,337	1,328	2,668	2,890	11,616
	%	2.2%	1.7%	1.1%	1.3%	1.2%	1.5%	2.4%	1.7%
NOVIEMBRE	Reproceso	31	10	21	18	14	35	46	174
	Producción	1,295	1,039	1,174	1,322	1,277	2,876	2,756	11,739
	%	2.4%	1.0%	1.7%	1.3%	1.1%	1.2%	1.7%	1.5%
DICIEMBRE	Reproceso	18	11	13	14	15	36	68	174
	Producción	1,086	951	1,232	1,279	1,338	2,744	3,072	11,704
	%	1.7%	1.2%	1.0%	1.1%	1.1%	1.3%	2.2%	1.5%
ENERO	Reproceso	11	9	9	11	9	27	38	114
	Producción	1,342	1,086	1,148	1,324	1,248	2,681	2,802	11,631
	%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.7%	1.0%	1.4%	1.0%
FEBRERO	Reproceso	9	8	9	17	9	27	32	110
	Producción	1,232	1,129	1,234	1,288	1,281	2,756	2,847	11,767
	%	0.7%	0.7%	0.7%	1.3%	0.7%	1.0%	1.1%	0.9%
MARZO	Reproceso	9	9	8	13	8	28	22	98
	Producción	1,248	950	1,249	1,205	1,191	2,682	2,893	11,419
	%	0.8%	0.9%	0.6%	1.1%	0.7%	1.0%	0.8%	0.9%
ACUMULADO POR LINEA	Reproceso	105	63	73	90	70	193	276	869
	Producción	7,377	6,096	7,314	7,756	7,663	16,408	17,261	69,875
	%	1.4%	1.0%	1.0%	1.2%	0.9%	1.2%	1.6%	1.2%

Como podemos observar en la tabla 2 el nivel de reproceso generado por el proceso de envasado representó el 1.2% con respecto al total de la producción en el período de Octubre del 2006 a Marzo del 2007.

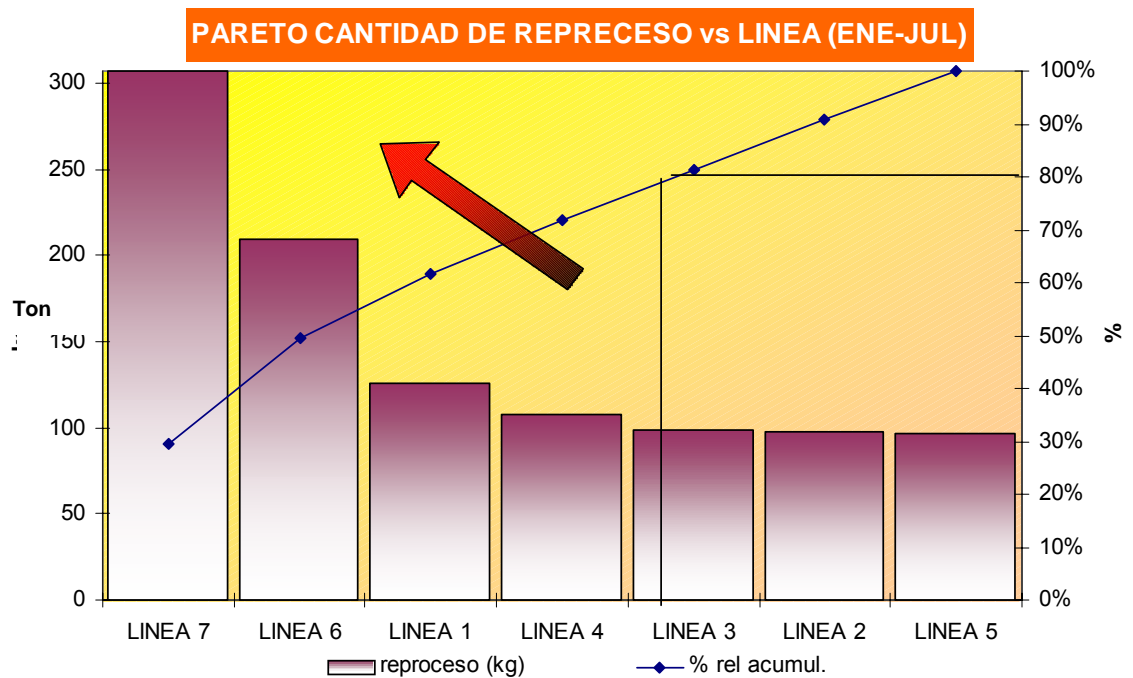


FIGURA 3.5 ANALISIS PARETO DEL NIVEL DE PROCESO

Como podemos observar en la figura 3.5 las líneas 4,1,6 y 7 generan el 72% del nivel de reproceso sobre un total de 869 Ton. en 6 meses

Como segunda etapa se procede a realizar el análisis 5W y 1H (Why-Porque, When-Cuándo, Where-Dónde, What-Que, Which-Cuál, How-Cómo), que es una herramienta que en base a 6 preguntas define la causa raíz de un problema. A continuación en la figura 3.6 se muestra el análisis 5W y 1H.

HOJAS DE ANALISIS DE LOS 5W (5 POR QUÉS), 1H (1 COMO)

	GERENTE	LIDER	NOMBRE
	GM	LV	REPROCESO
LINEA	PLANTA DETERGENTE		
M/C Nº.	PROBLEMA		
FECHA DE APARICION:	28/05/2003	REPROCESO DE POLVO TERMINADO	
FECHA DE RESTAURACION:		TIEMPO PERDIDO:	
		2 HR. X MES	
	CLASE	<input type="checkbox"/>	ESPORADICO
		<input checked="" type="checkbox"/>	CRONICO
QUE (WHAT) EN QUE COSA ?	ENVASADO		
CUANDO (WHEN) CUANDO OCURRIO?	EN CALIBRACIONES DE MAQUINA , VARIACIONES DE DENSIDAD , PROBLEMAS DE EMPAQUE		
DONDE (WHERE) LINEA/MAQUINA/LOCAL?	EN TODAS LAS LINEAS , MAS EN LA LINEA 7		
QUIEN (WHO) DEPENDIENTE O INDEPENDIENTE DE HABILIDAD?	SI		
CUAL (WHICH) EXISTE TENDENCIA ALEATORIA O HAY PATRON?	SE INCREMENTA CUANDO HAY DENSIDADES BAJAS (MUCHA CANTIDAD DE POLVO FINO)		
COMO (HOW) CON RESPECTO AL OPTIMO ?	SE PRODUCEN MÁS DE 46 TON. AL MES, Y SE PIERDEN CERCA DE \$500 AL MES POR DESPERDICIO DE POLIETILENO		
CUANTOS (HOW MANY) QUE CANTIDAD EN EL TIEMPO ?	2 HRS. X MES		
RESUMEN DEL FENOMENO	EN EL AREA DE ENVASADO CUANDO SE ESTAN HACIENDO CALIBRACIONES DE MAQUINA Y CUANDO EXISTEN PROBLEMAS DE VARIACIONES DE DENSIDAD APARECEN 46 TON. DE REPROCESO X MES, QUE DEPENDEN DE LA HABILIDAD DEL OPERADOR, PRODUCIENDO UNA PERDIDA DE \$ 500 POR DESPERDICIO DE POLIETILENO		

FIGURA 3.6 ANÁLISIS 5W Y 1H

Como se muestra en la figura 3.6 la descripción del fenómeno es la siguiente: “En el área de envasado cuando se están haciendo calibraciones de máquina y cuando existen problemas de variaciones de densidad se generan 46 Toneladas de reproceso, que dependen de la habilidad del operador, produciendo una pérdida de 500 Usd por mes por desperdicio de polietileno, el tiempo de máquina perdido al mes es de aproximadamente de 2 horas”.

Luego se procede a realizar el análisis porque Múltiple que consiste en una ronda de preguntas “Por qué?” que parten de la descripción del fenómeno y que permite determinar las diferentes causas que ocasionan el problema. A cada una de estas causas se les repite el procedimiento mencionado hasta identificar las causas raíces de la aparición del fenómeno.

En el Anexo 7 se muestra el análisis Por qué Múltiple realizado.

3.2.1 Planear

Habiendo definido las causas raíces del problema, se genera un plan de acción que detalla las soluciones, responsables y tiempos.

En el Anexo 6 se muestra el plan de acción desarrollado para cumplir los objetivos anteriormente mencionados, las acciones se basan en todas las interrogantes que se respondieron en el análisis de porque múltiple, esta herramienta es la más simple que dispone TPM para solucionar un problema crónico

Las principales acciones que se enumeran en este plan son las siguientes:

- Disminuir la cantidad de sulfato en post-adición y aumentar la dosificación de sulfato en el área de Slurry.
- Instalación de nuevos selladores en las máquinas que presenten problemas de sellado.
- Cambiar rodillos de impresión de la empresa que provee los rollos y darle mayor tiempo en entrega de rollos.
- Evaluar la posibilidad de tener elevadores de cangilones que alimenten directamente a las tolvas de máquinas envasadoras.
- Cambio de boquillas desgastadas en el anillo de la torre de secado.
- Diseño y construcción de un sistema de recuperación de polvo detergente, para evitar contacto directo con polvo enzimático.

CAPITULO 4

4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO DETERGENTE

En la actualidad el proceso utilizado para recuperar el polvo detergente generado en la línea de envasado es manual, el proceso recupera en promedio 3 toneladas/turno que equivalen a 72 Ton/mes que equivale al 50% del volumen total para reproceso que se genera (144 Ton/mes).

4.1. Sistema Actual de Recuperación de Polvo Detergente

El proceso manual de recuperación de polvo es desarrollado por 2 operadores, éstos rompen las fundas en una cabina que tiene un diferencial de presión negativo para evitar que el material particulado del polvo detergente pueda ser respirado por los operadores; el polvo es depositado en sacos de 25 kg., para luego ser almacenados y recuperados en los silos de polvo terminado.

Según lo mencionado el Sistema de Recuperación de Polvo Detergente no solo es necesario para evitar el contacto del Polvo

con los operadores sino que a su vez el proceso de recuperación trabajará a la velocidad que requiere el sistema es decir 144 Ton/mes.

4.2. Selección del Sistema de Recuperación de Polvo Detergente

Entre las alternativas de sistemas para recuperar polvo detergente a continuación se presentarán cuatro diseños, las dimensiones de cada uno de los diseños dependerá del espacio físico que disponga la planta para la ubicación de los mismos.

Diseño A

Forman parte de este diseño los siguientes equipos y partes. Ver Plano 01.

- Tecla para cargar big bag con fundas de reproces
- Tolva de recepción de fundas
- Transportador de fundas
- Cabina de reproceso
- Rodillo cortador de fundas
- Cedazo vibrador
- Tolva de recepción polvo reprocesado
- Carro para desperdicio de polietileno

El costo aproximado es de 20,000 Usd y se requiere un operador.

El producto a reprocesar esta almacenado en un big bag (bolsa grande) para luego con ayuda de un tecele levantarla y disponerlo en la tolva de recepción de fundas a reprocesar, después las fundas a reprocesar ingresan por un transportador con pendiente hacia la zona de trituración, en donde el rodillo cortador de fundas las rompe y deja que el polvo salga de la funda para separar el polvo de la funda .

Diseño B

Forman parte de este diseño los siguientes equipos y partes. Ver Plano 02.

- Tecele para big bag
- Tolva de recepción de fundas
- Rotor de cuchillas
- Rampa receptora de fundas
- Cedazo vibrador
- Descarga de polvo

El costo aproximado es de 16,000 Usd y se requiere de un operador.

El producto a reprocesar esta almacenado en un big bag (bolsa grande) para luego con ayuda de un tecele levantarlo y disponerlo en la tolva de recepción de fundas a reprocesar, después las fundas a reprocesar ingresan a la zona de corte que es un rotor con cuchillas afiladas que giran continuamente para romper las fundas y sacar el polvo, luego después todas las fundas y el polvo se desliza por la rampa receptora de fundas para caer en un cedazo vibrador cuya finalidad es separar el polvo residual de las fundas por efecto de vibración inducida, el polvo se dispone en la parte superior y las fundas en la parte inferior, el polvo cae por una descarga ubicada en un extremo del cedazo para su posterior disposición.

Diseño C

Forman parte de este diseño los siguientes equipos y partes. Ver Plano 03

- Ducto de aspiración de fundas
- Cuchillas de corte dentro del ducto
- Compuerta desviadora de fundas
- Malla retenedora de fundas
- Ducto de salida de fundas
- Filtro de manga
- Descarga de polvo

El costo aproximado es de 12,000 Usd y no se requiere de operador.

Este sistema de reproceso se encuentra cerca de la fuente de generación (máquina envasadora), el operador deposita la funda en el ducto de aspiración luego este pasa a través de cuchillas ubicadas dentro del ducto, al pasar por las mismas la funda se rompe y el polvo se separa de la funda para luego ser filtrado en una malla que se encuentra en la parte superior de la zona de cuchillas; el polvo es aspirado debido a la fuerza que proviene de un filtro de mangas, para luego ser descargado y recuperado en el proceso.

Diseño D

Forman parte de este diseño los siguientes equipos y partes. Ver Plano 04

- Cabina de flujo laminar
- Filtros de cabina de flujo laminar
- Manguera de aspiración
- Válvula de descarga de polvo a la salida de cabina de flujo laminar
- Filtro de mangas

- Turbina regenerativa
- Filtros de salida de aire a la atmósfera
- Válvula de descarga de filtro de mangas

El costo aproximado es de 13,000 Usd y no se requiere de operador.

Este sistema de reproceso se encuentra cerca de la fuente de generación (máquina envasadora), el operador rompe la funda en una cabina de flujo laminar cumpliendo con los estándares de seguridad y medio ambiente de la fábrica para evitar tener contacto directo con material particulado, luego la funda es depositado en un recipiente y el polvo cae en una tolva que dispone de un válvula que actúa con un temporizador, cuando se abre esta válvula la presión negativa que es obtenida a través de un filtro de mangas , absorbe el polvo hasta el mismo filtro que esta ubicada en la parte superior de un silo de almacenamiento de producto terminado, de esta manera se produce la recuperación del polvo.

4.2.1. Matriz de decisión

Para seleccionar el sistema de recuperación se utilizará una Matriz de Decisión que considera siete criterios cuya descripción se muestran a continuación en la Tabla 3.

TABLA 3
CRITERIO DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Criterios de Evaluación de Alternativas		
Nº	Nombre de Criterio	Descripción
1	Seguridad	Que tan seguro es el equipo
2	Mantenimiento	Facil de mantener
3	Operabilidad	Facil de operar
4	Medio Ambiente	No afecta las condiciones respiratorias de los operadores(polvo enzimático), altera o no el nivel de ruido del área
5	Economía	Costo del equipo, personal para operación
6	Calidad	Contaminación de polvo con plástico
7	Eficiencia	Poco desperdicio de polvo en las fundas cuando son reprocesadas

Para el desarrollo de la presente tesis el criterio que tendrá mayor peso es el de Seguridad, el puntaje de todos los criterios se resume en la siguiente tabla.

TABLA 4
PESO DE LOS 7 CRITERIOS

Valoración de criterios		
Nº	Nombre de Criterio	Valor
1	Seguridad	10
2	Mantenimiento	8
3	Operabilidad	9
4	Medio Ambiente	9
5	Economía	8
6	Calidad	8
7	Eficiencia	7

Después de haber definido los criterios y el peso de cada uno de éstos se procederá a evaluar los 4 diseños que se muestran en la tabla 5.

**TABLA 5
ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Alternativas de Diseño	
Denominación de la alternativa	Observaciones
DISEÑO A	Con transportador y cedazo vibrador
DISEÑO B	Sin transportador y cedazo vibrador
DISEÑO C	Tubo de succión con cuchillas en el ducto
DISEÑO D	Cabina de flujo laminar con filtros de aspiración

Cada diseño es evaluado en base a los 7 criterios antes mencionados con puntajes del 1 a 10 , luego esta suma es ponderada en base al peso que tiene cada criterio, los resultados se muestran en la tabla 6.

**TABLA 6
EVALUACIÓN DE LOS 4 DISEÑOS**

EVALUACION DE CADA ALTERNATIVA EN RELACION AL CRITERIO							
Nombre de la alternativa	1	2	3	4	5	6	7
	Seguridad	Mantenimiento	Operabilidad	Medio Ambiente	Economía	Calidad	Eficiencia
DISEÑO A	7	6	6	6	5	8	8
DISEÑO B	6	6	6	6	5	7	7
DISEÑO C	10	8	9	8	6	5	6
DISEÑO D	10	9	9	9	6	8	9
TOTAL	33	29	30	29	20	28	30

**TABLA 7
RESULTADOS PONDERADO DE LOS 4 DISEÑOS**

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS VALORANDOLAS EN FUNCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL CRITERIO EN LA TOTALIDAD								
Nombre de la alternativa	CALIFICACION	Seguridad 10	Mantenimiento 8	Operabilidad 9	Medio Ambiente 9	Economía 8	Calidad 8	Eficiencia 7
DISEÑO A	13.6	2.1	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3	1.9
DISEÑO B	12.8	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	1.6
DISEÑO C	15.6	3.0	2.2	2.7	2.5	2.4	1.4	1.4
DISEÑO D	17.8	3.0	2.5	2.7	2.8	2.4	2.3	2.1

4.2.2. Análisis de resultados

Como se puede observar en la tabla 7 el diseño que obtuvo mayor puntuación es el DISEÑO D, con 17.8 puntos.

El Diseño D es el más seguro, fácil de mantener y operar, tiene menos impacto al medio ambiente y es más eficiente.

4.3. Diseño de Forma

Para diseñar la estación de recuperación de polvo detergente se debe considerar las características del producto que se muestran a continuación:

**TABLA 8
PROPIEDADES DEL POLVO DETERGENTE**

Propiedades	Valores
Material Particula (70%)	< PM10
Densidad (g/l)	475
Velocidad de ruptura de partícula	15m/s
Cantidad de reproceso (kgx día)	5000
Fluidez (ml/s)	120
Angulo de talud (°C)	30
Humedad	8%

En consecuencia a las propiedades del polvo detergente la planta tiene normas de trabajo, en estas se manifiesta que todo sistema de aspiración de polvo detergente debe tener un filtro HEPA si el aire retorna directa o indirectamente al medio ambiente de la fábrica.

El sistema de recuperación de polvo detergente propuesto, se ubica cerca de la fuente de emisión en el parque envasador; el operador rompe la funda de polvo detergente en una cabina que cumple los estándares de trabajo de manejo de polvo detergente propios de la fábrica.

4.3.1. Cabina de Flujo Laminar

La cabina de tipo flujo laminar fue desarrollada para proveer el mejor ambiente operacional para trabajar con materiales peligrosos que contengan cualquier polvo / aerosol generado.

El flujo de aire de circulación de baja turbulencia (LAMINAR menor 3600 Re) es alimentado por el pleno del techo. Esto purifica la zona de operación con la finalidad de garantizar mínima concentración de aerosol / polvo (generalmente 10

$\mu\text{g}/\text{m}^3$). A fin de garantizar la seguridad del operador, es necesario una velocidad vertical del aire de 0.45 m/s.

La recirculación total del aire dentro de la cabina está garantizada manteniendo la misma con presión sutilmente negativa. Esto genera un retorno del 90% del aire dentro de la cabina. Expulsando el 10% de aire e ingresando la misma proporción de aire fresco, como se muestra en el gráfico 4.1.

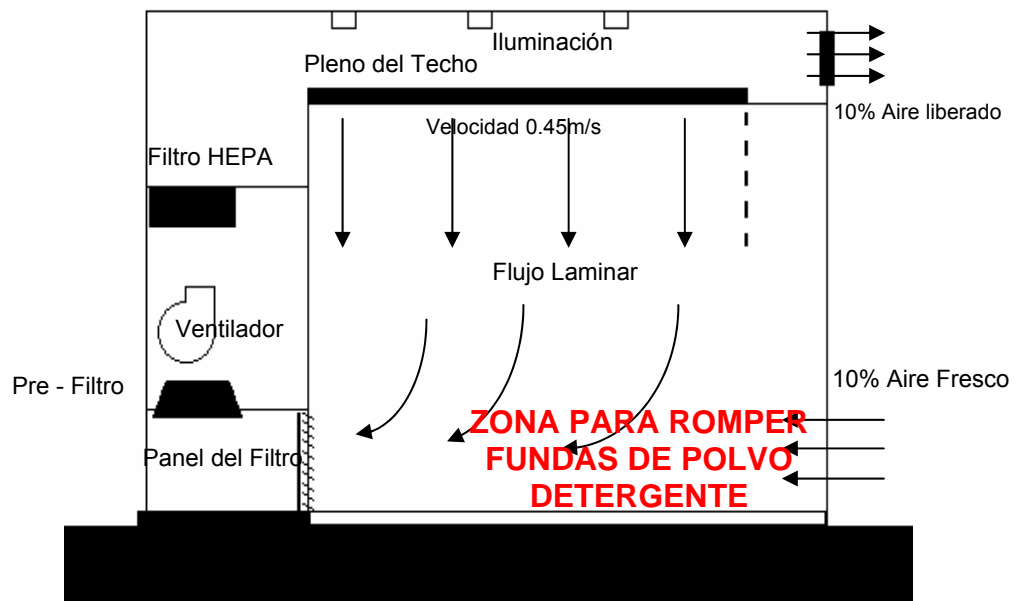


FIGURA 4.1. ESQUEMA CABINA DE FLUJO LAMINAR

En estas condiciones el operador puede ingresar sus manos a la zona para romper polvo detergente y la ligera presión negativa mantendrá el 90% de la concentración del aire dentro de la cabina, este aire es limpiado a través de dos etapas de filtro. El filtro primario retiene gran cantidad del material particulado, el restante se retiene en la última etapa que dispone de un filtro de alta eficiencia HEPA que retiene el 99,99% del material particulado, este aire ingresa a los filtros de manera forzada debido a la fuerza de aspiración que la proporciona un ventilador centrífugo, pasando antes por una rejilla de aspiración.

Después de pasar el aire por los filtros, es direccionado a la parte superior de la cabina donde se encuentra un paño limpiador que ayuda a mantener un flujo laminar y proporcionar una velocidad vertical no mayor a 0,5m/s; una rejilla exhaustora permite mantener la relación de 90% aire de recirculación y 10% aire fresco.

Es importante mantener la presión negativa dentro de la cabina para que el polvo detergente no salga de la misma hacia el exterior.

4.3.2. Colector de Polvo

Una vez diseñada la cabina de flujo laminar, se requiere elegir el tipo de colector de polvo que se utilizará para recuperar el mismo.

Al elegir un dispositivo para capturar partículas primarias, se debe considerar el tamaño de las partículas que se van a capturar y la eficiencia requerida de captura.

Los aparatos de control se muestran a continuación:

- Sedimentadores por Gravedad
- Separadores de Ciclón
- Precipitadores Electrostáticos

Estos sistemas funcionan impulsando las partículas hacia una pared sólida, en donde se adhieren entre sí para formar aglomerados que se pueden extraer del aparato colector y disponer de ellos.

Los equipos mencionados capturan las partículas al impulsarlas contra una pared sólida. Los filtros y los

lavadores no impulsan las partículas hacia una pared, sino más bien dividen el flujo en partes más pequeñas, en donde pueden capturar las partículas así también aparecen los:

- Filtros superficiales y
- Filtros de Profundidad

Un **sedimentador por gravedad** es una cámara larga por la cual pasa lentamente la corriente de gas contaminado, permitiendo que transcurra el tiempo suficiente para que las partículas se sedimenten por gravedad hasta el fondo de un recipiente para su posterior disposición, tal cuál se muestra en la figura 4.2, tiene poco uso industrial puesto porque son ineficaces para las partículas pequeñas (menores a 5 micras)

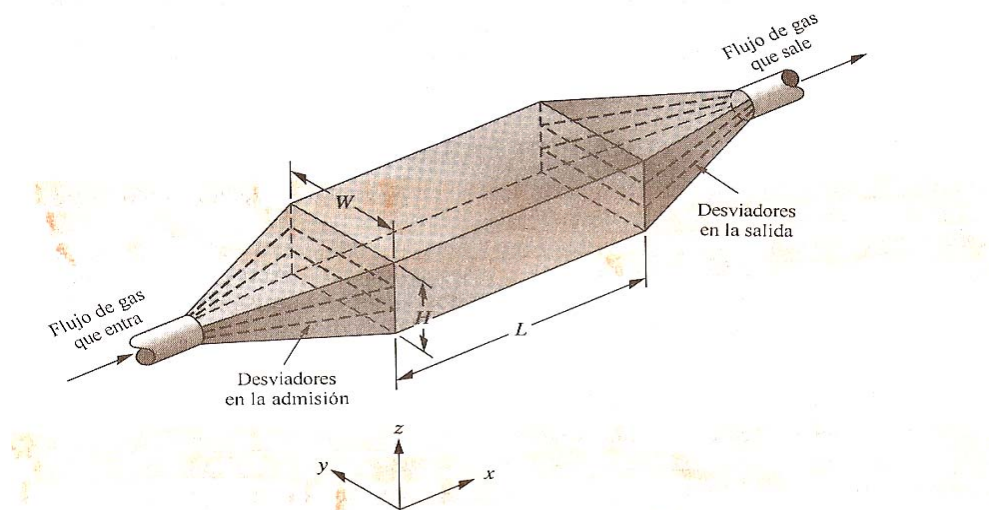


FIGURA 4.2 SEPARADOR POR GRAVEDAD

Si tiene que usarse aparatos semejantes a ellos, debe encontrarse un sustituto que sea más poderoso que la fuerza de la gravedad que en ellos se aplica para impulsar las partículas hacia la superficie de captura, aquí es donde aparece los **separadores de ciclón** o sencillamente ciclón, estos utilizan la fuerza centrífuga para sedimentar las partículas, quizá sea el aparato colector de partículas de mayor uso en el mundo. Como se muestra en la Figura 4.3 el gas entra por una admisión rectángula, normalmente el doble de alto que de ancho, dispuesta en forma tangencial al cuerpo circular del ciclón, de modo que el gas entrante fluya alrededor de la circunferencia del cuerpo cilíndrico, no de manera radial hacia el interior.

El gas se mueve en espiral alrededor de la parte exterior del cuerpo cilíndrico con un componente hacia abajo, en seguida se vuelve y se mueve en espiral hacia arriba y sale por la parte superior del equipo, durante todo este movimiento las partículas son empujadas hacia la pared del ciclón en donde son capturadas, se juntan, forman aglomerados y por efecto de la gravedad caen y son recogidas en la tolva para su posterior disposición.

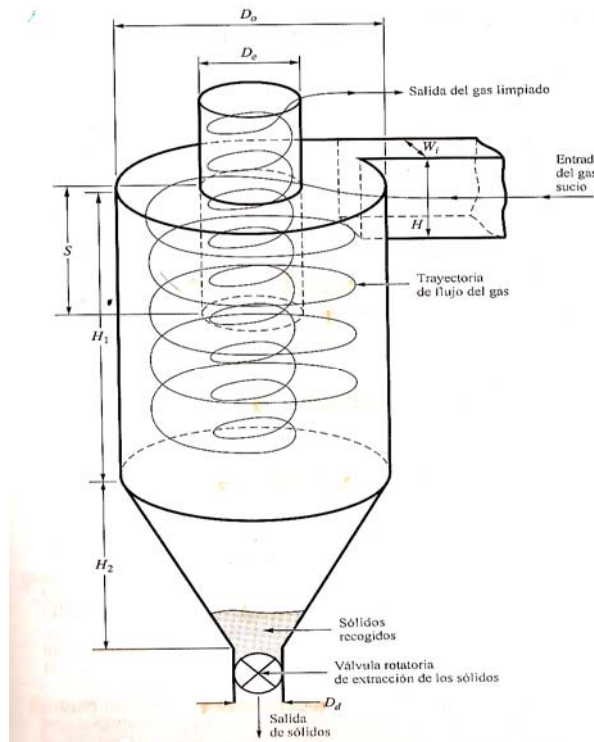


FIGURA 4.3. CICLON

Si los **sedimentadores por gravedad** y los **separadores centrífugos(ciclón)** son aparatos que impulsan las partículas contra una pared sólida y si ninguno de los dos tipos puede funcionar con alta eficiencia para partículas menores o iguales a 5 micras de diámetro, se debe generar una fuerza que sea más grande que la gravedad y la fuerza centrífuga es aquí donde aparece el principio electrostático.

El **precipitador electrostático** es como un separador por gravedad o centrífugo pero a diferencia utiliza la fuerza

electrostática para impulsar las partículas hacia la pared para que luego después se sedimenten, la idea básica de todos los precipitadores electrostáticos (EPS) es impartir a las partículas una carga electrostática y a continuación ponerlas en un campo electrostático que las impulsa hacia una pared colectora, tal cuál se muestra en la Figura 4.4

La mayoría de la gente tiene experiencia personal con los **filtros superficiales** cuyos ejemplos se encuentran en una precoladora de café o en un filtro de cocina.

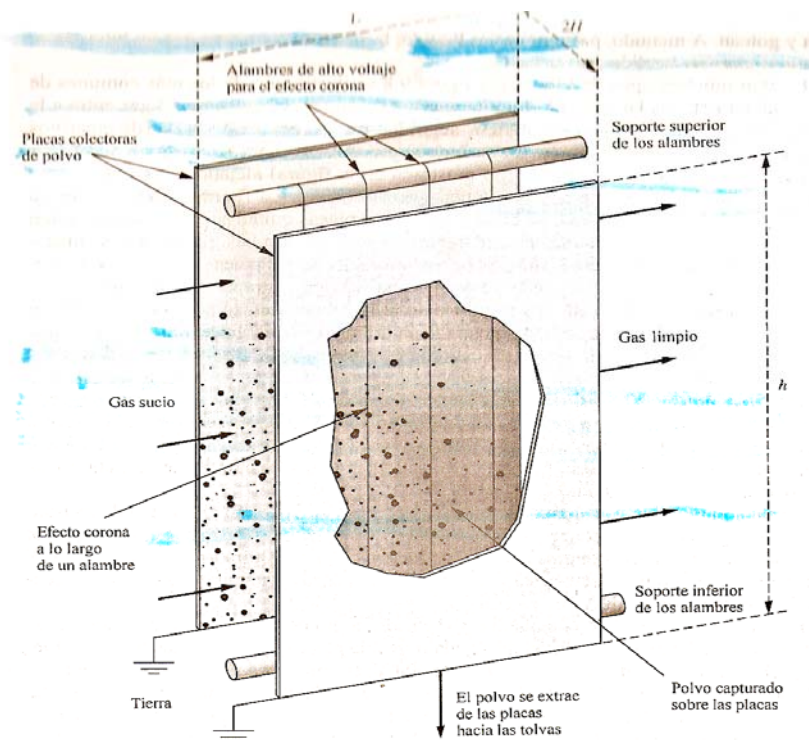


FIGURA 4.4 PRECIPITADOR ELECTROSTÁTICO (EPS)

El principio es muy sencillo el filtro es una membrana con orificios muy pequeños de diámetros menores que las dimensiones de las partículas a retenerse; conforme se capturan partículas finas sobre los lados de los agujeros de un filtro tienden a tener un puente sobre esos agujeros y hacerlos más pequeños, así al aumentar la cantidad de partículas capturadas, la torta de material captura se convierte en el filtro y la tela filtrante sirve para sostener la torta de polvo que se queda pegada sobre ella, por esta razón se los conoce como filtro superficial.

De este tipo de filtros, se distingue uno que es el filtro de manga o cuarto de sacos con chorros pulsantes, el cuál tiene un número determinado de mangas filtrantes dispuestas en sentido vertical y separadas en grupo, cada separación forma el cuerpo del filtro; como se muestra en la figura 4.5

Para la limpieza de las mismas se dispone de una corriente de aire a presión que se inyecta dentro de las mangas para limpiarlas.

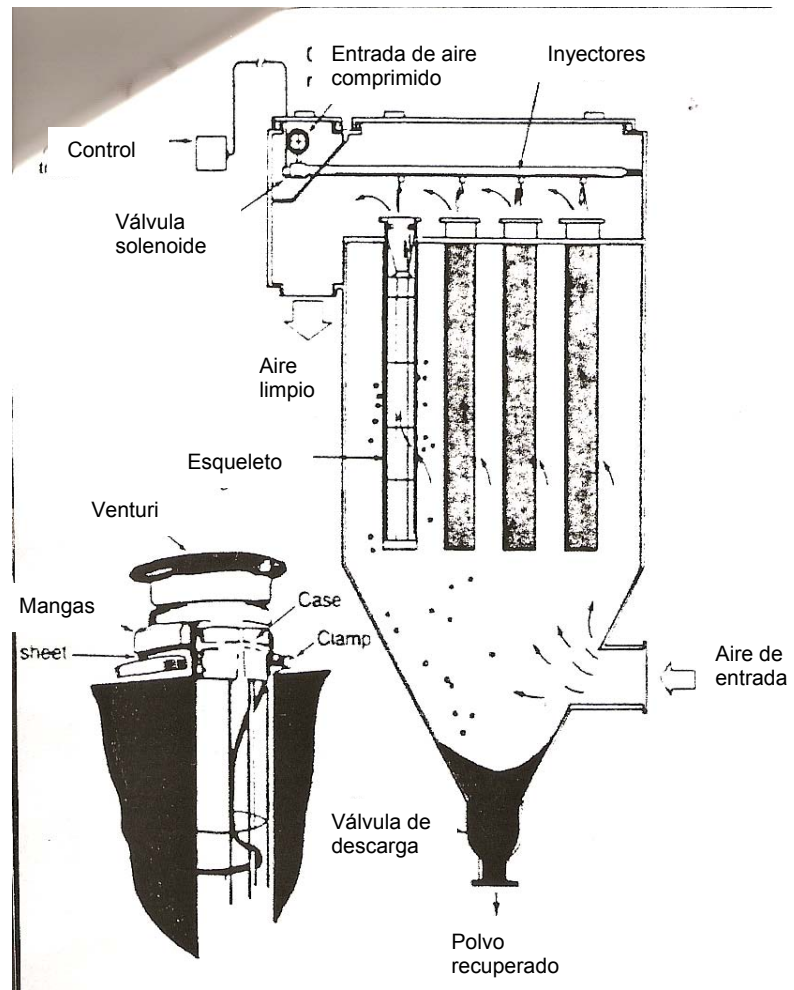


FIGURA 4.5 FILTRO DE MANGAS

Una corriente de aire pasa por la parte interior de las mangas filtrantes para expulsar la torta que se pega en la superficie de la misma; el gas pasa por dentro de las mangas y es expulsada al ambiente en calidad de gas limpio.

El polvo que queda pegado en las mangas cae después de que se inyecta aire comprimido dentro de las mangas por

unas toberas que se encuentran en la placa portamantas; después por efecto de la gravedad cae y se deposita en una tolva que dispone de un válvula de descarga que puede ser neumática y en algunas aplicaciones actúa con un temporizador, al abrir la válvula el polvo sale del filtro para luego ser recuperado en el proceso (Ver Figura 5.5)

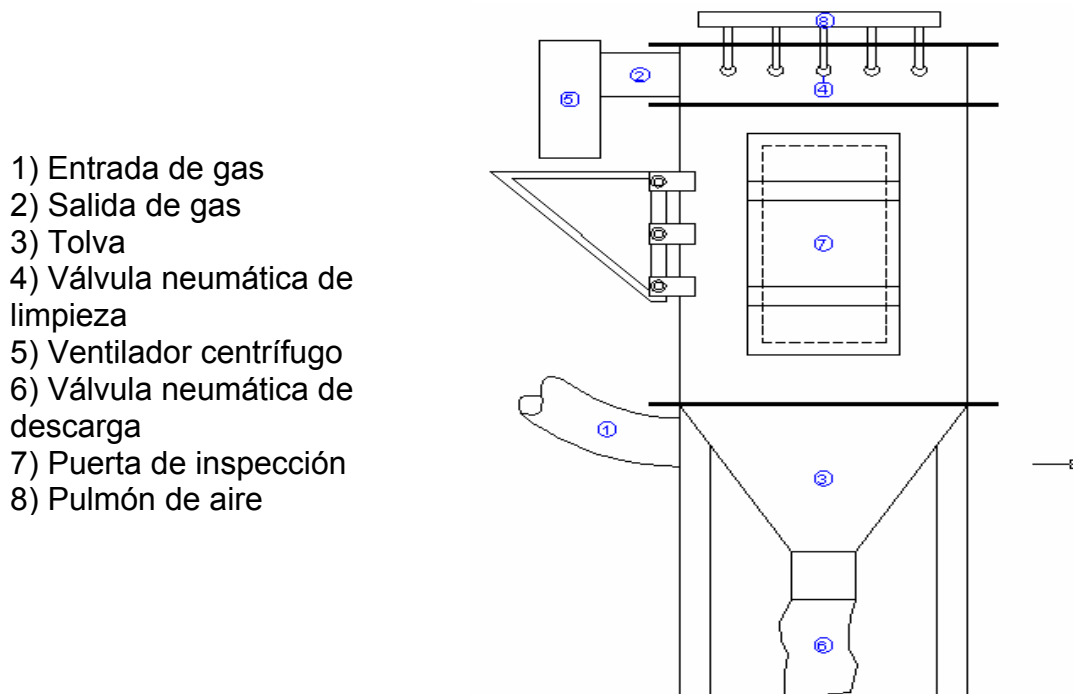


FIGURA 4.5 ELEMENTOS DEL FILTRO DE MANGA

Otra clase de filtros de gran aplicación para el control de la contaminación del aire, no forman una torta consistente sobre la superficie sino que, en lugar de ellos, capturan las partículas en todo el cuerpo del filtro, estos se conocen como **filtros de profundidad**, como por ejemplo los filtros de

combustible, filtros de hilaza en algunos hornos, filtros de la boquilla de los cigarrillos, etc.

La mayor parte de esos filtros no tienen una disposición ordenada de fibras paralelas, el material filtrante consta de un montón enmarañado de fibras con una orientación aleatoria, formando una capa gruesa, la capa se asemeja al material de fieltro que se utiliza para hacer sombreros, cubiertas de mesas de billar, etc.

Pertenece a esta clase de filtro los HEPA (High Efficiency Particle Arresting) que son filtros de alta eficiencia capaz de retener el 99,99% de material particulado, por lo general estos filtros se utilizan en combinación con otros como filtros de mangas y ciclones; de esta manera se saturaran en un mayor tiempo y retendrá únicamente las partículas que no pudieron ser retenidas por los anteriores filtros (menor a 5 micras)

Los modelos mejor establecidos del rendimiento o comportamiento de los recolectores son los filtros superficiales y de profundidad, en los cuales las estructuras y

los patrones del flujo del fluido están bien definidos, además su consumo de energía no es tan alto como el EPS

**TABLA 9
CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA POR TIPO DE
COLECTOR DE POLVO**

TIPO DE COLECTOR	Consumo de energía
Separador por gravedad	Bajo
Ciclón	Moderado
Precipitador Electrostático	Alto
Filtro de Manga	Moderado

Selección de Colector de Polvo

Para seleccionar el colector de polvo se consideró el tamaño de material particulado que se transporta; para el caso de polvos detergente podemos usar los valores de polvo de cemento que son similares a las partículas de polvo detergente.

Según se puede observar en el anexo 8, el diámetro de partículas a transportar estará desde 2 micras en adelante, con información de la tablas 10 y 11, se concluye que el tipo de colector de polvo que necesitamos es un **FILTRO DE MANGAS**.

TABLA 10
EFICIENCIA DE RECOLECCIÓN DE PARTICULADO SEGÚN
TIPO DE COLECTOR DE POLVO

Diámetro de partícula(micras)	Eficiencia (n)			
	Separador por gravedad	Ciclón	Precipitador Electrostático	Filtro de Mangas
0,1	0	0,000232	0,12	0,0088
1	0,000303	0,0232	0,73	0,6
3	0,000303	0,209	0,98	0,8
5	0,000303	0,582	0,998	0,9
10	0,03	1	1	1
30	0,273	1	1	1

TABLA 11
APLICACIÓN DE COLECTOR VERSUS PROPIEDADES DEL
POLVO

TIPO DE FLUJO Y PARTICULADO	Separador por gravedad	Ciclón	ESP	Filtro de Manga	Filtro de profundidad	Filtro HEPA
Flujos pequeños u ocasionales	x				x	
Flujos grandes y estacionarios					x	x
Partículas pegajosas, alquitranes		x	x			
Partículas que adhieren bien entre sí, pero no a superficies sólidas				x		
Altas propiedades eléctricas en material particulado			x			
Partículas no pegajosas con tamaño mayor a 5 micras		x				
Partículas con tamaños menores a 5 micras			x	x		x

En consecuencia a la política de seguridad y medio ambiente de la empresa se requiere garantizar cero material particulado en el interior del medio ambiente de trabajo por tal motivo también se utilizará un filtro de profundidad antes de la entrada a la turbina regenerativa y después un filtro HEPA en el escape de aire después de la turbina.

El esquemático del colector de polvo detergente se encuentra en el Plano P07 “Esquemático de Transporte de Polvo”.

4.4. Dimensionamiento y Cálculos

Para dimensionar los equipos es importante tomar en cuenta las propiedades físicas y químicas del polvo que será transportado, los principales datos se encuentran en la tabla 8

4.4.1. Cabina de Flujo Laminar

Como se menciona en la anterior sección, es importante mantener un flujo laminar dentro de la cabina para poder cumplir con el principio de funcionamiento.

El caudal laminar lo obtenemos de la ecuación 4.1

$$Q_{fl} = A_f * V_p \quad (4.1)$$

Donde

Q_{fl} = Caudal de aire en cabina de flujo laminar

A_f es el Area de filtración

V_p es la velocidad de partícula en flujo laminar y es igual a

$$V_p = \frac{R_e * \mu}{\rho * D_h} \quad (4.2)$$

Donde

R_e = Número de Reynolds

μ = Viscosidad estática del aire

ρ = Densidad del aire

D_h = Diámetro Hidráulico

Para obtener flujo laminar el número de Reynolds (Re) tiene que ser menor a 2300, a condiciones estándares (presión: 1 atmósfera y 20°C de temperatura)

$\rho = 1.18 \text{ kg/m}^3$

$\mu = 1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Debido a que la sección de entrada de aire dentro de la cabina no es circular, es preciso obtener la medida equivalente que se la conoce como Diámetro Hidráulico que lo obtenemos aplicando la siguiente fórmula

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P} \quad (4.3)$$

Donde:

A = Area de la sección transversal de flujo

P = Perímetro mojado por el flujo

El área de la sección transversal de flujo es de 620mm x 116 mm., como se muestra en el Plano P05 "Cabina de Flujo

Laminar”, reemplazando en la ecuación 4.3 , el diámetro hidráulico es igual a 0,2 m.

Reemplazando los valores anteriores en la ecuación 4.2 y 4.1 respectivamente, la velocidad de partícula (Vp) en flujo laminar es 0,175 m/s, y el caudal de aire (Q_{fl}) es 0,013 m³/s

La caída de presión en la cabina se da por:

- Prefiltro de aspiración
- Filtro HEPA de alta eficiencia

De la tabla 4.10, se puede seleccionar el prefiltro de aspiración y determinar la caída de presión total de la cabina.

$$\Delta P = \Delta P_{prefiltro} + \Delta P_{HEPA} \quad (4.4)$$

TABLA 12
CLASES DE FILTROS SUPERFICIALES

Filter classes as in DIN 24 185 Part II [Lit. 34]			Filter classes as in DIN 24 185 Part 100, Draft February 1978			Setting-up of Quality Classes as in StF	
Filter class	Average separation degree as against synthetic dust in %	Average degree of effect as against atmospheric dust in %	Filter class	Average separation degree as against synthetic dust. in %	Average degree of effect as against atmospheric dust in %	Quality class	Designation
EU 1	$A_m < 65$	—	A	$A_m < 65$	—	A	Coarse dust or pre-filter
EU 2	$65 \leq A_m < 80$	—	B ₁	$65 \leq A_m < 80$	—	B	Fine dust filter
EU 3	$80 \leq A_m < 90$	—					
EU 4	$90 \leq A_m$	—	B ₂	$80 \leq A_m < 95$	$30 \leq E_m < 45$	C	High grade fine dust filter
EU 5	—	$40 \leq E_m < 60$	C ₁	—	$45 \leq E_m < 75$		
EU 6	—	$60 \leq E_m < 80$					
EU 7	—	$80 \leq E_m < 90$	C ₂	—	$75 \leq E_m < 90$		
EU 8	—	$90 \leq E_m < 95$	C ₃	—	$90 \leq E_m$		
EU 9	—	$95 \leq E_m$	—	—	—		

Debido a que el prefiltro captura las primeras partículas de polvo, seleccionamos la clase EU4, en el Anexo 9, se encuentran los valores de caídas de presión para distintas clases de filtro, así reemplazando en la ecuación 4.4 , la caída de presión es 1000 Pa. (3inH₂O en Filtro HEPA)

$$Potencia(watts) = \Delta P * Q_{fl} \quad (4.5)$$

El tipo de ventilador recomendado para recolección de material particulado es centrífugo axial, para obtener la potencia reemplazamos los datos obtenidos en la ecuación 4.5, así la potencia es de 13 watts, suponiendo una eficiencia del 70%, la potencia que se necesita es de 19 Watts

Tolva recolectora de polvo a reprocesar

Para dimensionar la tolva recolectora tomamos en cuenta la altura a la que el operador podrá reprocesar las fundas de polvo detergente de manera cómoda. Como se muestra en el Plano P05, la altura es de 960mm., el ángulo de la tolva es de 60° en referencia al ángulo de talud de polvo detergente mostrado en la tabla 8.

La capacidad máxima de la tolva se dimensiona en base al formato más grande a reprocesar para la empresa sobre la cuál se basa el presente trabajo es 5kg., actualmente los operadores de reproceso pueden romper en promedio 16 fundas de 5kg por minuto.

Para calcular el volumen máximo de la tolva usamos la ecuación 4.6

$$V_c = \frac{1}{3} * h * (B + \sqrt{B * B_M} + B_M) \quad (4.6)$$

Donde:

V_c = Volumen de cono

h = altura del cono

B = Área de base menor del cono

B_M = Área de base mayor del cono

Suponemos una tolva de sección transversal cuadrada sobre la cuál se asienta una rejilla de 700mm.x 700mm., una altura de 320mm. desde el piso a la tolva para instalar los ductos de transporte de polvo a diseñar, del plano P05 tomamos los valores para reemplazar en la ecuación 4.6, así el volumen del cono es igual a 0,49 m³, utilizando el valor de la densidad de polvo de la tabla 8 y reemplazando en la ecuación 4.7, la

masa de polvo que se puede acumular en la tolva es de 221 kg.

$$m_t = \rho * V \quad (4.7)$$

Comparando este valor con el del mayor flujo de reproceso (formato de 5kg.), la tolva tiene un tiempo de llenado menor a 3 minutos.

4.4.2. Colector de Polvo

Los datos para dimensionar el filtro de mangas se muestra en la tabla 13

**TABLA 13
DATOS PARA DIMENSIONAR FILTRO DE MANGAS**

Datos	Nom	Unidad	Valor
Caudal	Qa	m3/h	661
		m3/min	11,017
Relación aire polvo	Rap	#	1,3
relación aire tela	Rat	m3/min/m2	1,826
velocidad intersticial	Vi	m/s	0,916

Para dimensionar el colector de polvo tomamos como referencia los valores límites de dos indicadores que son la velocidad intersticial (V_i) y la relación aire tela (R_{at}) cuya fórmulas de cálculo son:

$$V_i = \frac{Q_a}{A_p - A_a} \quad (4.8)$$

Donde:

Q_a = Flujo de aire

A_p = Área de sección transversal del colector de polvo o

Placa portamanga

A_a = Área de agujero de mangas

$$A_a = n * \pi * \frac{D_m^2}{4} \quad (4.9)$$

Donde

n = Número de mangas

D_m = Diámetro de manga

$$R_{at} = \frac{Q_a}{A_f} \quad (4.10)$$

Donde:

R_{at} = Relación aire tela

Q_a = Flujo de aire

A_f = Área filtrante

$$A_f = n * \pi * D_m * L_m \quad (4.11)$$

Donde:

L_m = Longitud de manga

Con ayuda de las fórmulas anteriores se procede a calcular las dimensiones del cuerpo del filtro y mangas de filtración, para este diseño se ha considerado un filtro de sección transversal circular.

Los valores de velocidad intersticial y relación aire tela están en función de la dimensión de manga y cuerpo de filtro; para efectos de diseño los valores de velocidad intersticial deben ser mayores a 0,8 m/s y menores a 1,2 m/s; así también los valores de relación aire tela deben estar entre 1,8 y 2 m³/min/m²

Las alternativas de diseño se muestran en la tabla 4.12, donde se expone 7 tipos de diseño pero la opción que más se ajusta a los parámetros de diseños mencionados en el párrafo anterior es la número 6.

**TABLA 14
ALTERNATIVAS PARA CONSTRUCCION DE FILTRO DE MANGAS**

DATOS	NOM	UNIDAD	ALTERNATIVAS						
			1	2	3	4	5	6	7
Caudal	Qa	m3/h	661	661	661	661	661	661	661
		m3/min	11,017	11,017	11,017	11,017	11,017	11,017	11,017
Diámetro de manga	Dm	m	0,150	0,170	0,167	0,175	0,155	0,160	0,165
Longitud de manga	Lm	m	1,000	0,900	0,900	1,000	1,100	1,000	0,900
Número de mangas	n		12	12	12	10	12	12	12
Area filtrante	Af	m2	5,655	5,768	5,666	5,498	6,428	6,032	5,598
Diámetro de filtro	Df	m	0,720	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,760
Area placa portamanga	Ap	m2	0,407	0,442	0,442	0,442	0,442	0,442	0,454
Area de agujero mangas	Am	m2	0,212	0,272	0,263	0,241	0,226	0,241	0,257
Area diferencia	Ad	m2	0,195	0,169	0,179	0,201	0,215	0,201	0,197
relación aire tela	Rat	m3/min/m2	1,948	1,910	1,944	2,004	1,714	1,826	1,968
velocidad intersticial	Vi	m/s	0,941	1,084	1,026	0,912	0,853	0,916	0,932

El material de la manga a usar lo obtenemos con ayuda del anexo 10, el polvo detergente a transportar no tiene alta temperatura, es alcalino e higroscópico estas y otras propiedades del polvo detergente se las mencionan en el capítulo 3 del presente trabajo; con esta información el material de las mangas a usar en este diseño es 100% polipropileno de tipo snap band (fácil montaje y desmontaje) como se muestra en la figura 4.7



FIGURA 4.7 MANGAS TIPO SNAP BAND

La tolva de descarga del filtro de manga tiene un ángulo de inclinación de 60 grados relacionados con el ángulo de talud de polvo detergente que se muestra en la tabla 4.6, la capacidad será de 14 kg. (Ver Plano P06 “Filtro de Manga”)

El sistema de descarga de polvo dispone de una válvula neumática cuya señal se controla desde un PLC (Sistema de control programable) además de esta señal, también se controlan la apertura de la válvula de aire comprimido para limpiar las mangas y otros accesorios de control.

Todo el cuerpo de filtro será fabricado en acero inoxidable debido a las altas propiedades corrosivas del polvo detergente en contacto con la humedad del ambiente.

Con los datos obtenidos en cálculos anteriores las dimensiones del filtro de manga se resumen en la tabla 15

**TABLA 15
DIMENSIONES DE FILTRO DE MANGAS**

Datos	Nom	Unidad	Valor
Caudal	Qa	m ³ /h	661
		m ³ /min	11,017
Diámetro de manga	Dm	mm	160
Longitud de manga	Lm	mm	1000
Número de mangas	n		12
Area de agujero mangas	Am	m ²	0,241
relación aire tela	Rat	m ³ /min/m ²	1,826
velocidad intersticial	Vi	m/s	0,916
Diámetro de filtro	Df	mm	750
Area placa portamanga	Ap	m ²	0,442
Altura del cuerpo de filtro	hf	mm	1700
Altura de la tolva descarga	ht	mm	500

La caída de presión del colector de polvo se calcula tomando en cuenta la pérdida por fricción de tuberías, codos y accesorios, la

caída de presión por las mangas del filtro, además de la producida por el filtro HEPA a la salida del ventilador; así:

$$\Delta P = \Delta P_{tubería} + \Delta P_{fm} + \Delta P_{pf} + \Delta P_{HEPA}$$

Donde:

$$\Delta P_{tubería} = h_{cv} + \frac{Va^2}{2 * g} \left(\frac{f * L}{D} + \Sigma K \right) \quad (4.12)$$

h_{cv} = Altura cabina a ventilador (tabla 4.11)

Va = Velocidad de transporte

f = coeficiente de fricción de tubería

L = Longitud de tubería

D = Diámetro de tubería

ΣK = Suma de todas las pérdidas por accesorios (codos)

La velocidad de transporte para polvo detergente es de **15m/s**, para obtener el diámetro de la tubería utilizamos la fórmula 4.1, así el diámetro de la misma es de **14,2cm.**, para efectos de construcción el tamaño comercial es 6 pulgadas.

Para obtener el valor del coeficiente de fricción, es necesario conocer el Número de Reynolds, cuya fórmula es la siguiente:

$$R_e = \frac{\rho * Va * D}{\mu} \quad (4.13)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 4.13 el número de Reynolds es igual a $1,39 \cdot 10^5$

Para tuberías de acero inoxidable no remachadas el valor de rugosidad (ϵ) es igual a 0,0046 mm., como se muestra en tabla 16, ahora es necesario calcular el valor de relación de rugosidad (ϵ/D) para buscar el valor del coeficiente de fricción en el Diagrama de Moody (Ver anexo 11)

TABLA 16
RUGOSIDAD MEDIA DE TUBOS COMERCIALES

<i>Material (nuevo)</i>	ϵ	
	ft	mm
Acero remachado	0,003-0,03	0,9-9,0
Hormigón	0,001-0,01	0,3-3,0
Madera	0,0006-0,003	0,18-0,9
Hierro fundido	0,00085	0,26
Hierro galvanizado	0,0005	0,15
Hierro fundido asfáltico	0,0004	0,12
Acero comercial o hierro estirado ✓	0,00015	0,046
Latón o cobre estirado	0,000005	0,0015
Vidrio	«Liso»	«Liso»

Así el valor de f es igual a 0,035; el único dato que hace falta para obtener la diferencia de presión por pérdida de tubería es la suma de todas las pérdidas por accesorios (ΣK); en el Plano P08 "Sistema de Recuperación de Polvo Detergente", se observa que en todo el recorrido de la tubería existen 4 codos de radio 450mm., en el anexo 12, se encuentran los valores de coeficiente de

perdida de carga en codos de 90°(K), así el valor de K que obtenemos es de 0,5; como existen 4 codos el valor total es de 2

**TABLA 17
RESUMEN DE DATOS PARA CALCULO DE PERDIDA DE PRESION POR TUBERIA**

Datos	Nom	Unidad	Valor
Velocidad de transporte	Va	m/s	15
coeficiente de fricción de tubería	f		0,035
Longitud de tubería	L	mm	17200
Diámetro de tubería	D	mm	142
Suma de todas las pérdidas por accesorios (codo 90°)	ΣK		2

Los otros valores se disponen en la tabla 13 y 15, reemplazando todos estos en la ecuación 4.12, la caída de presión por perdida de tubería es:

$$\Delta P_{\text{tubería}} = 77 \text{ m}$$

$$\Delta P_{\text{tubería}} = 890 \text{ Pa}$$

Adicional a este valor tenemos la caída de presión de todos los filtros que se encuentran en el colector de polvo que se enumera junto con los valores de caída de presión en la tabla 18

**TABLA 18
PERDIDAS DE PRESION POR FILTROS**

Datos	Nom	Unidad	Valor
Caída de presión por filtro de mangas	ΔP_m	Pa	1000
Caída de presión prefiltro antes de ventilador	ΔP_{pf}	Pa	250
Caída de presión filtro HEPA	ΔP_{hepa}	Pa	750

La diferencia de presión en todo el sistema es igual a:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{tubería}} + \Delta P_{fm} + \Delta P_{pf} + \Delta P_{HEPA} = 2890 \text{ Pa}$$

El tipo de ventilador que se usa en los filtros de mangas es centrífugo, el único valor que hace falta para terminar el dimensionamiento de equipos es la potencia que la obtenemos de la ecuación 4.5, donde:

$$Q = 661 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P(\text{Watts}) = \Delta P * Q = 530$$

$$P(\text{Hp}) = 0,72 \text{ hp}$$

Trabajando a una eficiencia de 70%, la potencia requerida es de 1,02 hp

4.5. Selección de Equipos

En esta sección se resumirán todos los datos de dimensionamiento y se los ajustará a equipos y partes que se comercializan.

4.5.1. Prefiltros y filtros de alta eficiencia

Tanto en la cabina de flujo laminar como en el colector de polvo se disponen de prefiltros y FILTROS HEPA.

El arreglo que se dispone en la cabina de flujo laminar comienza con un prefiltro EU4 de captura de partículas finas de sección transversal 700x700 mm., para después instalar

un filtro de alta eficiencia con 99,99% de eficiencia de captura de material particulado (FILTRO HEPA) de sección transversal 700x700 mm., en la figura 4.8, se muestra un arreglo típico de instalación

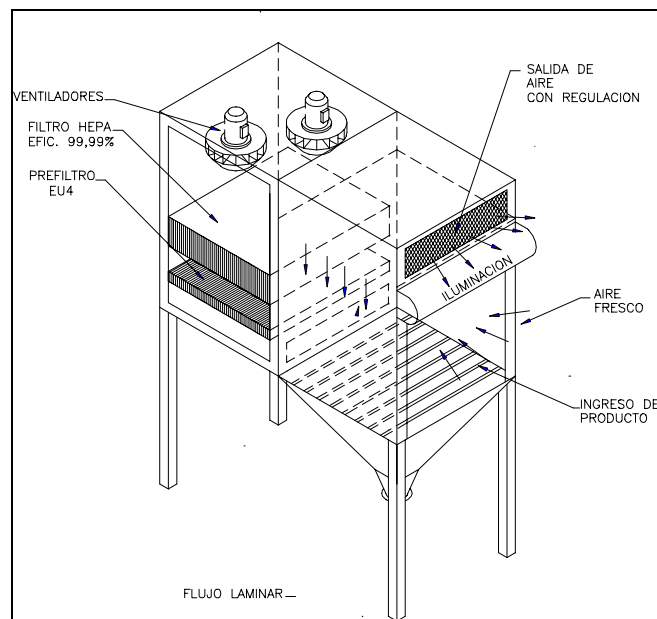


FIGURA 4.8 TÍPICO ARREGLO PARA FILTROS DE CABINA FLUJO LAMINAR

El sistema colector de polvo después del filtro de manga también dispone de un prefiltro de aire de cartucho y un filtro HEPA de alta eficiencia de sección transversal 300 x 530 mm para evitar la salida de material particulado. dentro del ambiente de trabajo

4.5.2. Filtro de Mangas

El filtro de mangas seleccionada tiene 12 mangas con diámetro de 160mm.x 1000 mm. de largo, el material de la tela es polipropileno.

La construcción del cuerpo del filtro será de acero inoxidable debido al alto grado de corrosión al cuál esta expuesta, las dimensiones del filtro se encuentran en el Plano P06 "Filtro de Manga"

El ajuste de las mangas con la placa portamangas es de tipo snap band.

4.5.3. Ventilador

Todos los ventiladores ejecutan la misma función básica de mover el aire de un lugar a otro. Pero la gran diversidad de sus aplicaciones crea la necesidad para los fabricantes de desarrollar diferentes modelos, cada modelo tiene sus beneficios para ciertas aplicaciones, proporcionando los medios más económicos para la operación del movimiento del aire.

En la cabina de flujo laminar la Presión estática es muy alta y el caudal muy bajo, el ventilador es de tipo centrífugo axial ya que toma el aire de manera lateral y lo empuja frontalmente al techo de la cabina donde se encuentra el paño laminador

En el filtro de mangas la Presión estática es igual es 2890 Pa. con un caudal de $663\text{m}^3/\text{h}$, el tipo de ventilador es centrífugo de rueda inclinada hacia delante.

4.5.4. Motor Eléctrico

En el diseño del sistema de recuperación de polvo detergente se necesitan dos motores para los dos ventiladores centrífugos instaladas en la cabina de flujo laminar y el filtro de manga respectivamente

Para la cabina de flujo laminar de los valores obtenidos en la sección anterior la potencia del motor es de 19 Watts, el motor comercial más pequeño disponible en el mercado es de 0,25 HP, la característica es IP50 protegido contra polvos y salpicaduras de agua

Para el filtro de mangas la potencia obtenida suponiendo una eficiencia del 70% es de 1,02HP, el motor comercial que se encuentra en el mercado es de 1HP; con protección IP50.

CAPITULO 5

5. PROGRAMACION DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO DETERGENTE

Este capítulo tiene como objetivo establecer los tiempos de construcción del sistema de recuperación de polvo detergente, dividido en sus dos partes: cabina de flujo laminar y colector de polvo

Dentro de las tareas para la construcción y montaje del mismo, se estiman tiempos de importación de ciertas partes y piezas que no se obtienen en el mercado local como por ejemplo los filtros HEPA.

5.1. Cronograma de construcción

Antes de empezar la construcción del sistema, se debe revisar la confiabilidad de la selección de equipos puesto que algunos equipos son de importación, el gantt que se encuentra en el Anexo 13, muestra que la parte más crítica en tiempo de entrega es el FILTRO HEPA del Colector de Polvo. (tarea No. 33)

La ruta crítica para la ejecución del proyecto se muestra en la figura 5.1, la tarea No. 18 que es la posición de la cabina de flujo laminar, si la fecha de termino no se cumple, afecta toda la ejecución del proyecto ya que esta precede a la tarea No. 45 que es la instalación de ductos de polvo del colector de polvo.

Entre las pruebas que se realizarán para asegurar la confiabilidad del sistema, está la más importante que es la cantidad de material particulado que se emite al ambiente después de los filtros HEPA ubicada en la cabina de flujo laminar y el colector de polvo, los dos se ubican luego del ventilador, la cantidad de material particulado menores a 5 micras debe ser 0,01%

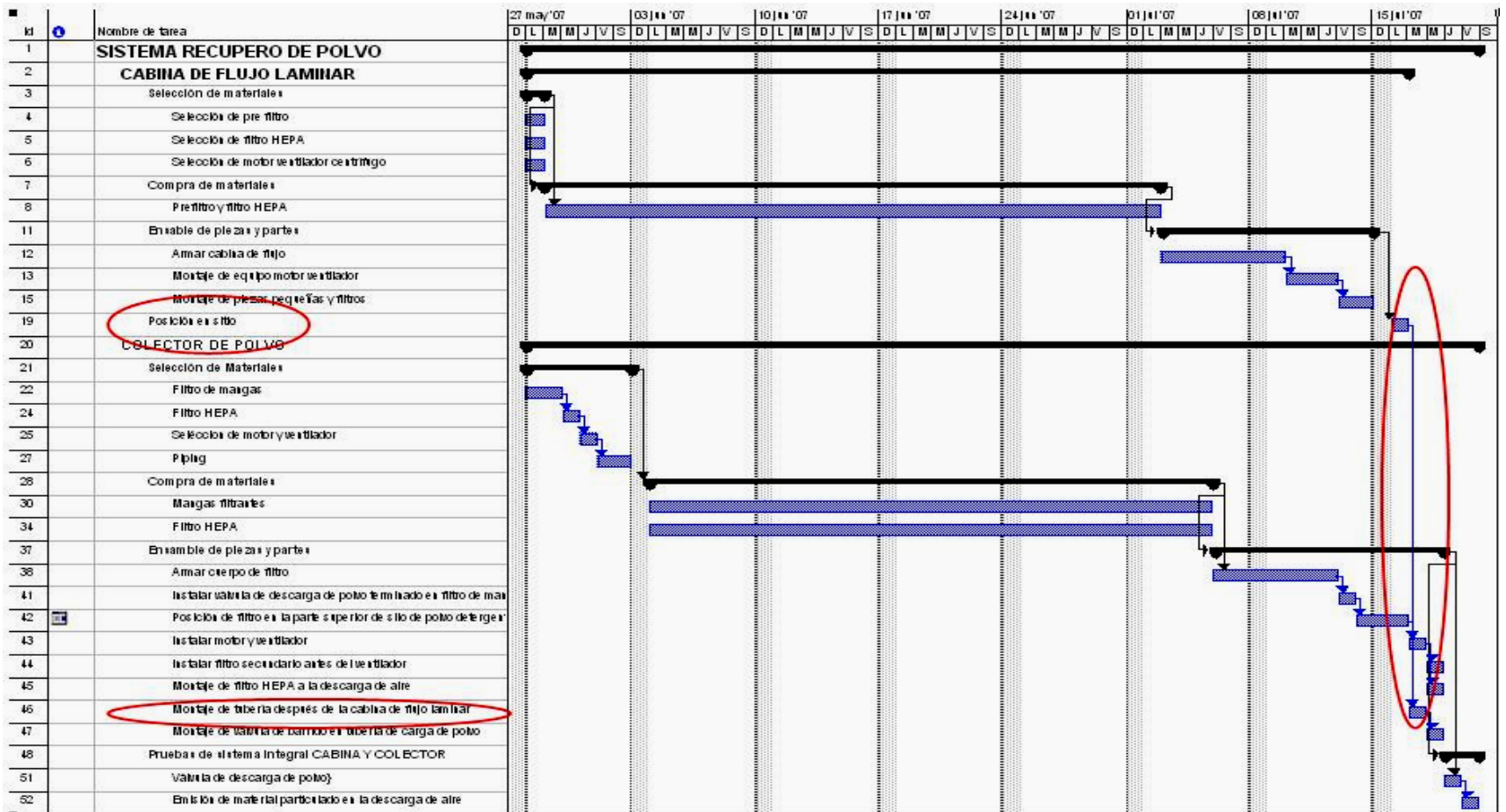


FIGURA 5.1 RUTA CRITICA SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO DETERGENTE

5.2. Secuencia de ensamble

Después de la compra y construcción de todas las partes y piezas que forman parte de la cabina de flujo y laminar y colector de polvo procedemos a ensamblar las mismas en el siguiente orden

Cuándo el cuerpo de la cabina de flujo laminar este terminado, procedemos a colocar la malla de acero inoxidable, después el prefiltro y filtro HEPA como se muestra en la figura 5.1

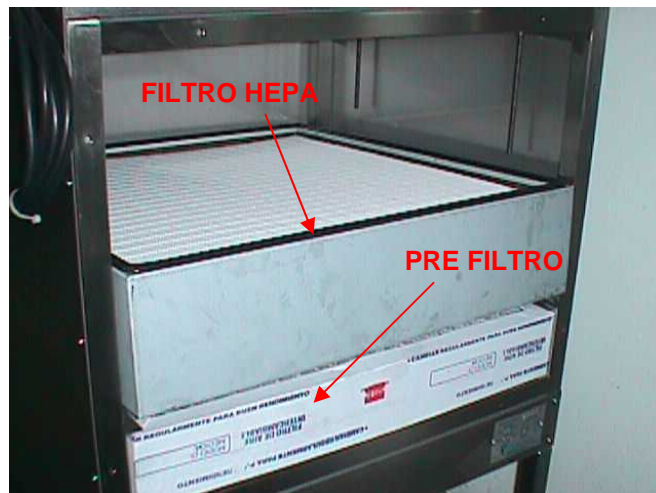


FIGURA 5.2 INSTALACION DE FILTROS EN CABINA DE FLUJO LAMINAR

Después se instala el motor eléctrico con su acometida de fuerza, para terminar con el paño de flujo laminar y la rejilla exhaustora de gases, como se muestra en el plano

Los manómetros indicadores de presión se colocan antes y después del filtro HEPA , este indica la caída de presión no debe ser mayor a $5\text{cmH}_2\text{O}$ cuándo excede esta valor se tiene que reemplazar el mismo; ubicada la cabina de flujo laminar se procede a montar la tolva que se conecta con la manguera del filtro de mangas, (Ver Plano P11) paralelamente se puede montar el filtro de mangas en la parte superior del silo de polvo terminado, en la parte inferior de la cabina se dispone de dos dispositivos, la válvula de aire y la válvula de venteo que se muestran en las figuras. 5.3 y 5.4 respectivamente.



FIGURA 5.3 VALVULA DE AIRE



FIGURA 5.4 VALVULA DE VENDEO

La válvula de aire dispone de un filtro para evitar que impurezas ingresen a la tubería de acero inoxidable de 6 pulgadas que transporta el polvo detergente a reprocessar; por esta válvula ingresa el aire que será el medio de transporte del polvo

Como se menciona en el capítulo No. 4, el filtro de mangas tiene las siguientes partes que se montan en el siguiente orden

1. Mangas en Placa porta mangas
2. Sistema neumático de limpieza de mangas
3. Tolva recolectora de polvo detergente
4. Válvula neumática que descarga el polvo detergente

Ubicada el filtro de manga procedemos a la instalación de la tubería de 6 pulgadas ASTM A403, que conecta el filtro con la cabina de flujo laminar, el motor y ventilador que generan el diferencial de presión en el filtro de manga se ubican en el primer piso a 3 metros debajo del mismo.

Para instalar el motor y ventilador del filtro de mangas, es preciso antes instalar el filtro de aire y luego el FILTRO HEPA de alta eficiencia, el montaje mecánico termina instalada la tubería de 6 pulgadas desde el filtro de mangas al ventilador centrífugo.

Luego se procede a montar las acometidas eléctricas de los motores de los ventiladores tanto de la cabina de flujo laminar como el filtro de mangas, se recomienda que cada uno disponga de un breaker para cortar energía independiente del funcionamiento de cada uno.

Todo el sistema neumático del transporte de polvo como la válvula de venteo, sistema de limpieza de mangas, válvula de descarga, es comando con un PLC (Control lógico programable) que actúa cada componente en función de tiempos; cuándo se termine de montar las acometidas eléctricas de fuerza se procede a instalar el PLC con todos los elementos de control para luego realizar las pruebas necesarias de funcionamiento,

5.3. Pruebas y ajuste

La primera prueba en el sistema es comprobar el correcto giro en cada uno de los ventiladores instalados, de no tener el correcto sentido de giro no se puede obtener el diferencial polvo necesario para obtener flujo laminar dentro de la cabina y transportar el polvo hasta el silo de polvo terminado

Para evitar polución de material particulado en la operación normal del sistema se tiene que asegurar la hermeticidad del mismo, de tal

manera que no exista fuga de polvo, especialmente en las juntas de manguera con tubería de acero inoxidable, en el plano P10 se muestra el típico de juntas.

Para esta prueba se pasa aire comprimido a través de la válvula de venteo en toda la línea de transporte para comprobar fugas.

La siguiente prueba se la realiza en el filtro de mangas consiste en asegurar la hermeticidad del sello de la manga con la placa portamanga, para esta prueba necesitamos transportar polvo reprocessado desde la cabina de flujo laminar por 5 horas mínimo, luego se procede a desmontar la parte superior del filtro de mangas y comprobamos si existe polvo en la parte superior de la placa portamangas.

Después de verificar el sistema, se procede a realizar los ajustes de tiempos en el PLC para actuar todos los elementos neumáticos del mismo en el momento justo.

En el Anexo 13 se presentan todas las tareas de montaje del sistema de recuperación de polvo detergente con sus respectivas fechas

CAPITULO 6

6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Este capítulo tiene como objetivo la descripción y análisis económico de del diseño del sistema de recuperación de polvo detergente descrito en el capítulo 5, con el fin de obtener una visión final del mejoramiento y racionalización de los recursos propuestos.

El estudio de factibilidad económica esta compuesto por tres etapas: primero, el costo de inversión del diseño propuesto, comparación de la situación propuesta versus la actual y el cálculo del retorno de la inversión

6.1. Costo del sistema de recuperación de polvo detergente

Los costos de las partes y piezas que forman parte del diseño propuesto y que fueron seleccionados en el capítulo 5 se enlistan de forma separada para la cabina de flujo laminar y el colector de polvo en las tablas 19 y 20 respectivamente.

**TABLA 19
COSTO DE CABINA DE FLUJO LAMINAR**

PARTE	Costo (usd)
Gabinete, tolva y reja de descarga construida en acero inoxidable	5727
Prefiltro de mediana eficiencia 35%	166
Filtro HEPA	498
Motor, Ventilador centrífugo	1494
Iluminación de la cabina	415
TOTAL	8300

**TABLA 20
COSTO DE CABINA DE FLUJO LAMINAR**

PARTE	Costo(usd)
Filtro de mangas construida en acero inoxidable	4750
Sistema neumático de limpieza de mangas	1045
Manguera de transporte	190
Válvula de limpieza de línea	380
Ventilador centrífugo	1805
Válvula de descarga de polvo recuperado	380
Filtro de profundidad de baja eficiencia	190
Filtro HEPA	760
TOTAL	9500

El valor del sistema de recuperación de polvo terminado es de 17,800 Usd, adicional a este gasto se considera un costo de instalación de 1,500 Usd., el valor total de la inversión es de 19,200 Usd; esta diseño no necesita mano de obra para ser operado debido a que este sistema se encuentra cerca de la fuente de generación (máquinas envasadoras) y los operadores de las máquinas envasadoras pueden reprocessar las fundas directamente en la cabina de flujo laminar para luego ser recuperado el polvo en los silos de polvo detergente.

Costos Indirectos

Los costos indirectos relacionados con la propuesta, provienen del consumo de energía eléctrica de los ventiladores centrífugos que están ensamblados en la cabina de flujo laminar y el colector de polvo (Ver Tabla 21)

**TABLA 21
GASTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL**

EQUIPO DE CONSUMO EE	usdxkwh	Potencia (hp)	consumo promedio(kw)	trabajo (hxmes)	Kwh x año	usd x año
Ventilador Cabina Flujo Laminar	0.06	0.25	0.2	8064	1671	100
Ventilador Filtro de Mangas	0.06	0.25	0.2	8064	1671	100
TOTAL GASTO EE ANUAL						201

Adicional a estos gastos, se tienen que efectuar rutinas de mantenimiento que aseguren la confiabilidad del sistema de reproceso de polvo detergente de manera continua sin paradas no planificadas. Las rutinas de mantenimiento con su frecuencia y valor se encuentran en la tabla 22

**TABLA 22
GASTO DE MANTENIMIENTO**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA RECUP. DE POLVO DETERGENTE			
#	TAREA	Frecuencia	Costo anual (usdx año)
1	Inspeccion de equipo cabina flujo laminar	Quincenal	0
2	Limpieza rutinaria de equipo cabina de flujo laminar	Semanal	0
3	Inspección de motor ventilador cabina de flujo laminar	Anual	200
4	Cambio de filtro de profundidad de baja eficiencia	Anual	166
5	Cambio de filtro HEPA (caída de presión menor a 3inH2O)	Anual	249
6	Inspección de válvula de limpieza	Quincenal	0
7	Cambio de mangas filtrantes (4)	Bi Anual	90
8	Inspección de sistema neumático limpieza de mangas	Mensual	0
9	Cambio de electroválvulas	Anual	200
10	Cambio de filtro de profundidad antes del ventilador de filtro de mangas	Anual	190
11	Inspección de motor ventilador filtro de mangas	Anual	250
12	Cambio de filtro HEPA salida ventilador filtro de mangas(caída de presión menor a 3inH2O)	Bi Anual	380
TOTAL			1725

6.2. Descripción de Gastos Situación Actual vs Situación Propuesta

Actualmente el polvo detergente es reprocesado por 2 operadores por cada turno de producción. El gasto generado describe en la tabla 23

**TABLA 23
GASTOS SITUACIÓN ACTUAL**

DESCRIPCIÓN	Consumo	C.U. (USD./mes)	C.T. (USD./mes)
Mascarillas (15 cajas x 20 unid.)	150	0.20	30
Guantes (6 cajas x 50 pares)	150	0.65	98
Nómina de personal	6	322	1931
Total costo por reproc. Interno			2058
TOTAL GASTO ANUAL			24701

Los gastos correspondientes a la situación propuesta corresponden a la energía eléctrica y el gasto mantenimiento que anteriormente fueron mencionados.

En el capítulo 3 se mencionó que se requerirán 2 sistemas de recuperación de polvo debido a que la planta de Detergentes trabaja con dos bases de polvo detergente. A continuación en la tabla 6.6 se observa el gasto anual de la situación propuesta.

**TABLA 24
GASTOS DE SITUACIÓN PROPUESTA**

DESCRIPCIÓN	C.T. (USD./anual)
Energía Eléctrica	201
Mantenimiento	1725
GASTO ANUAL	1926
TOTAL GASTO ANUAL (2 SISTEMAS)	3851

Podemos concluir que el gasto anual del sistema propuesta es de 3,851 usd vs 24,701 de la situación actual. El Costo anual del sistema propuesto se encuentra 85% por debajo del sistema actual.

6.3. Cálculo de la tasa interna de retorno

Como podemos observar en la tabla 25 la Tasa Interna de Retorno del proyecto es igual al 47%. El tiempo de recuperación de la inversión es igual 27 meses.

La tasa utilizada para calcular el VAN es igual al 6%, valor predeterminado por la empresa.

**TABLA 25
FLUJO DE CAJA**

Flujo de Caja de la Situación Sin Proyecto: Reproceso Manual

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos		-24,701	-25,442	-26,205	-26,991	-27,801	-28,635	-29,494	-30,379	-31,291	-32,229
EPP's		-1,530	-1,576	-1,623	-1,672	-1,722	-1,774	-1,827	-1,882	-1,938	-1,996
Nómina de personal		-23,171	-23,866	-24,582	-25,320	-26,079	-26,862	-27,667	-28,497	-29,352	-30,233
Total Egresos		-24,701	-25,442	-26,205	-26,991	-27,801	-28,635	-29,494	-30,379	-31,291	-32,229
Flujo de Caja		-24,701	-25,442	-26,205	-26,991	-27,801	-28,635	-29,494	-30,379	-31,291	-32,229

Flujo de Caja de la Situación Con Proyecto: Sistema de Recuperación de Polvo Detergente

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos		-7,691	-7,807	-7,926	-8,048	-8,174	-8,304	-8,438	-8,576	-8,718	-8,865
Energía Eléctrica		-401	-413	-425	-438	-451	-465	-479	-493	-508	-523
Mantenimiento		-3,450	-3,554	-3,660	-3,770	-3,883	-3,999	-4,119	-4,243	-4,370	-4,501
Depreciación		-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840	-3,840
Inversión	-38,400										
Flujo de Caja	-38,400	-7,691	-7,807	-7,926	-8,048	-8,174	-8,304	-8,438	-8,576	-8,718	-8,865

Flujo de caja incremental

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Caja	-38,400	17,010	17,635	18,280	18,943	19,627	20,331	21,056	21,803	22,572	23,365

Periodo de recuperación del capital = 2.3 años o 27 meses Valor actual neto = 41,252 Tasa interna de retorno = 47%
--

El ahorro anual ocasionado por la implementación de la propuesta de diseño es de 17,010 Usd el primer año, tiene una tasa interna de retorno del 47%, que indica una recuperación de la inversión de 27 meses

Según las políticas internas de la empresa para que un proyecto sea factible su inversión no debe ser mayor a 36 meses, por lo tanto según los resultados obtenidos el cambio de tecnología es factible.

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se detallaran conclusiones generales de la presente tesis para cumplir los objetivos antes expuestos

Las recomendaciones presentadas en este capítulo hacen referencia a la metodología utilizada para analizar el problema de la fábrica

7.1. Conclusiones

- En la presente tesis se utilizó herramientas de TPM, que forman parte del pilar MEJORA ENFOCADA (Ciclo CAP Do) y teoría referente a manejo de fluidos, transporte de polvo así como también teoría de análisis económico.
- En base al Ciclo CAD-DO, se logro identificar el equipo que genera más problemas de reproceso en la planta, después de esto se procede a describir el fenómeno para luego realizar un análisis múltiple que concluyo en un plan de acción que redujo el

reproceso a un valor de 0,6%; que fue el valor de nuestra meta propuesta, entre las acciones que salen del análisis, se decide construir un sistema de recuperación de polvo detergente en línea para evitar tener stock de producto no conforme en la planta detergente

- En el presente trabajo se mencionan 4 diseños que pueden solucionar el problema de reproceso, en el desarrollo de la misma se decide el DISEÑO D, que consta de una cabina de flujo laminar y un sistema de transporte neumático de polvo, este diseño asegura la no exposición directa de material particulado con los operadores que realizaran la tarea, además los mismos operadores de las líneas de envasado realizaran la tarea ya que los equipos estarán cerca de las líneas, de igual manera el producto que reprocesen será ingresado directamente al silo de polvo detergente para luego volver a ser envasado
- El principio de funcionamiento de este sistema puede ser aplicado para otro tipo de productos que necesiten ser transportados controlando la exposición de material particulado a los trabajadores de la fábrica, como ejemplo podemos aplicar este sistema en la manufactura de fármacos

- Todos los equipos que forman parte del sistema son construidos en el país, con excepción de los filtros HEPA, estos son importados de EEUU

- La inversión para construir dos sistemas de recuperación de polvo detergente es de 38400 Usd., adicional a la inversión el gasto anual de mantenimiento y consumo de energía eléctrica es de 3851 Usd.; el gasto anual de la actual operación es de 24701 Usd.

- Los principales ahorros obtenidos por la construcción del presente diseño son por reducción de mano de obra y eliminación de uso de equipos de protección personal para realizar la tarea de reproceso de polvo detergente

- El ahorro anual ocasionado por la propuesta es de 17000 Usd por año, y la recuperación del capital invertido es de 27 meses con una tasa interna de retorno de 47% , que es un número muy atractivo para invertir en relación a las políticas de inversión de la fábrica

7.2. Recomendaciones

- Para describir el fenómeno (problema) es importante tener la mayor cantidad de información y realizarlo en el piso.
- Para obtener el mejor resultado en el análisis múltiple es importante que participe la mayor cantidad de personas que pueden emitir soluciones al problema, entre estas deben estar los operadores que realizan la labor de reproceso.
- Se propone la instalación de dos sistemas de recuperación de polvo detergente debido a las variantes de polvo terminado que tiene la planta, de esta manera se aprovechará de mejor manera la utilización del sistema.
- Es importante cumplir con las políticas de seguridad y medio ambiente de la fábrica para buscar y construir la solución al problema.
- Es recomendable el uso de acero inoxidable en la construcción del sistema de recuperación de polvo detergente debido a la corrosión acelerada en contacto con la humedad del ambiente.

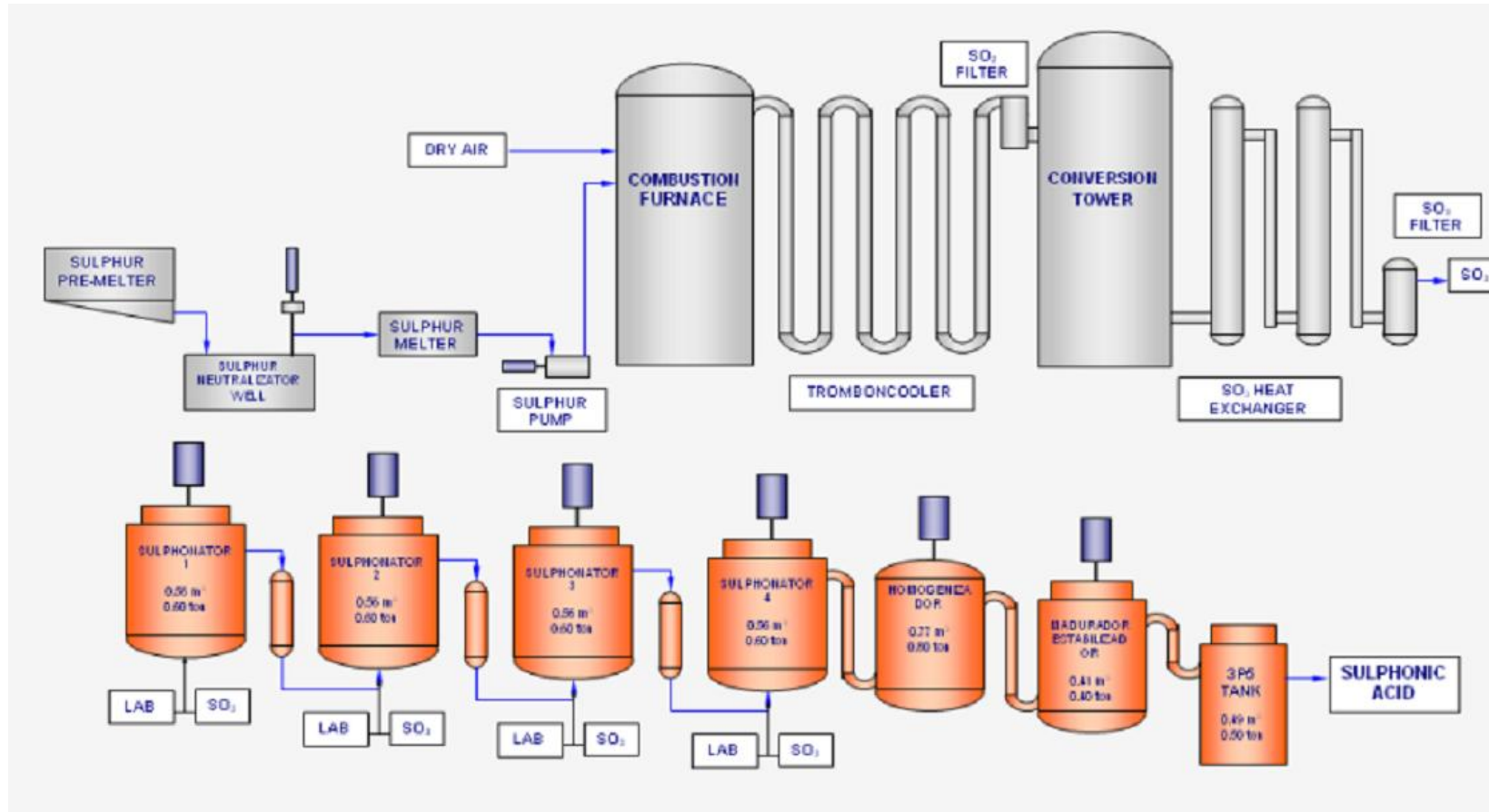
- Al terminar la construcción es necesario realizar una prueba de material particulado tanto en la cabina de flujo laminar (rejilla exhaustora de gases) y después del ventilador del filtro de mangas para asegurar el cumplimiento de concentración de material particulado en el ambiente de trabajo

BIBLIOGRAFÍA

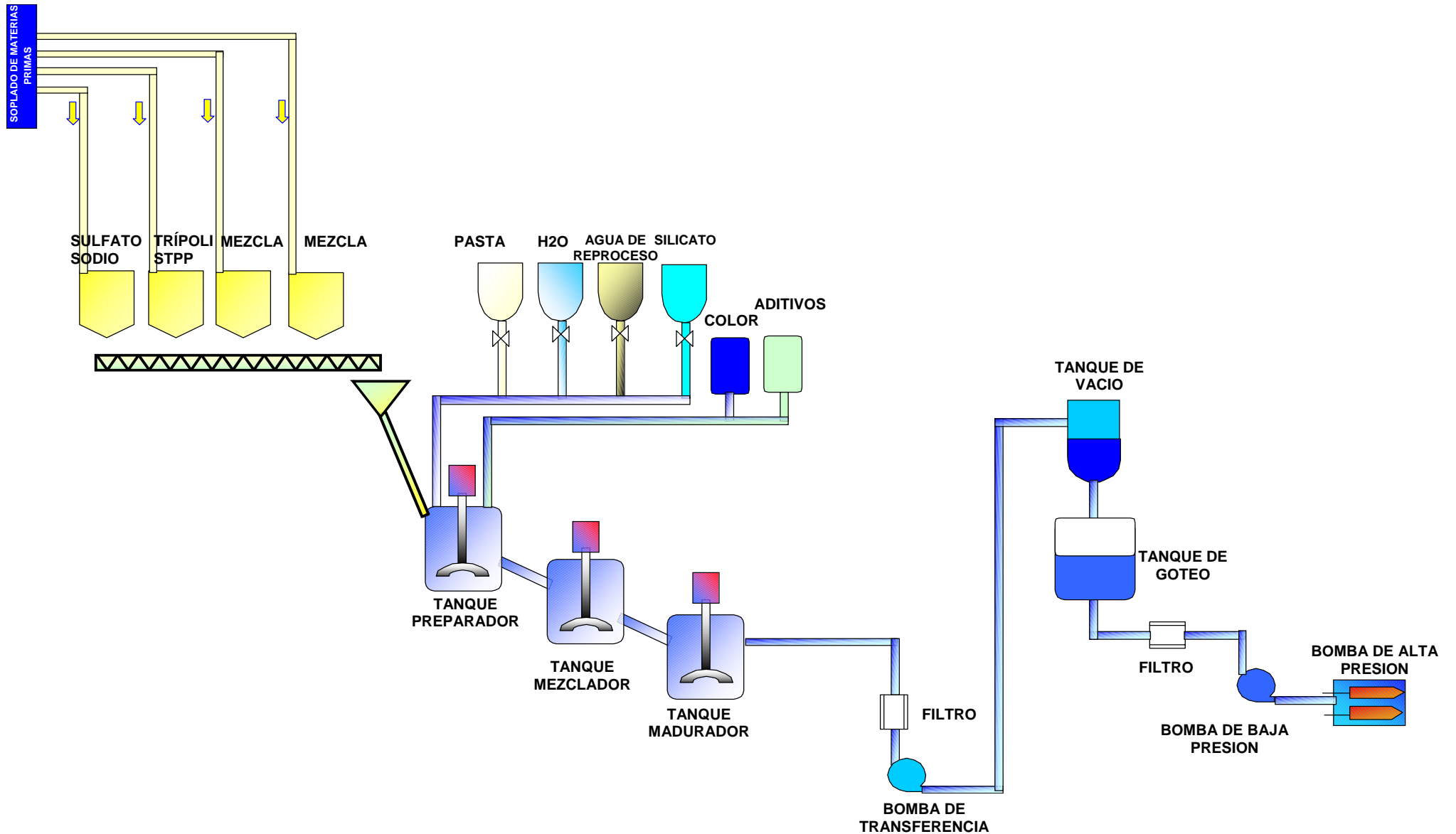
1. MANUAL FACILITADOR TPM , IMC , 2002
2. INGENIERÍA DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, Noel de Nevers, 1998.
3. MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO TOMO V, Robert H. Perry, 1992, Editorial Mc Graw Hill
4. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO TOMO I, Eugene A. Avallone , 1995, , Editorial Mc Graw Hill.
5. MECANICA DE FLUIDOS, Frank M. White, 1988, Editorial Mc Graw Hill
6. INTENSIV FILTER, Intensiv-Filter GMBH & CO KG, 1990, Intensiv Filter
7. GESTION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS, Julián Raúl Salvarredy, 2003, Omicron System
8. ESTUDIO DE ASPIRACION DE POLVO ENZIMATICO, Euder Jumbo, 2006

ANEXOS

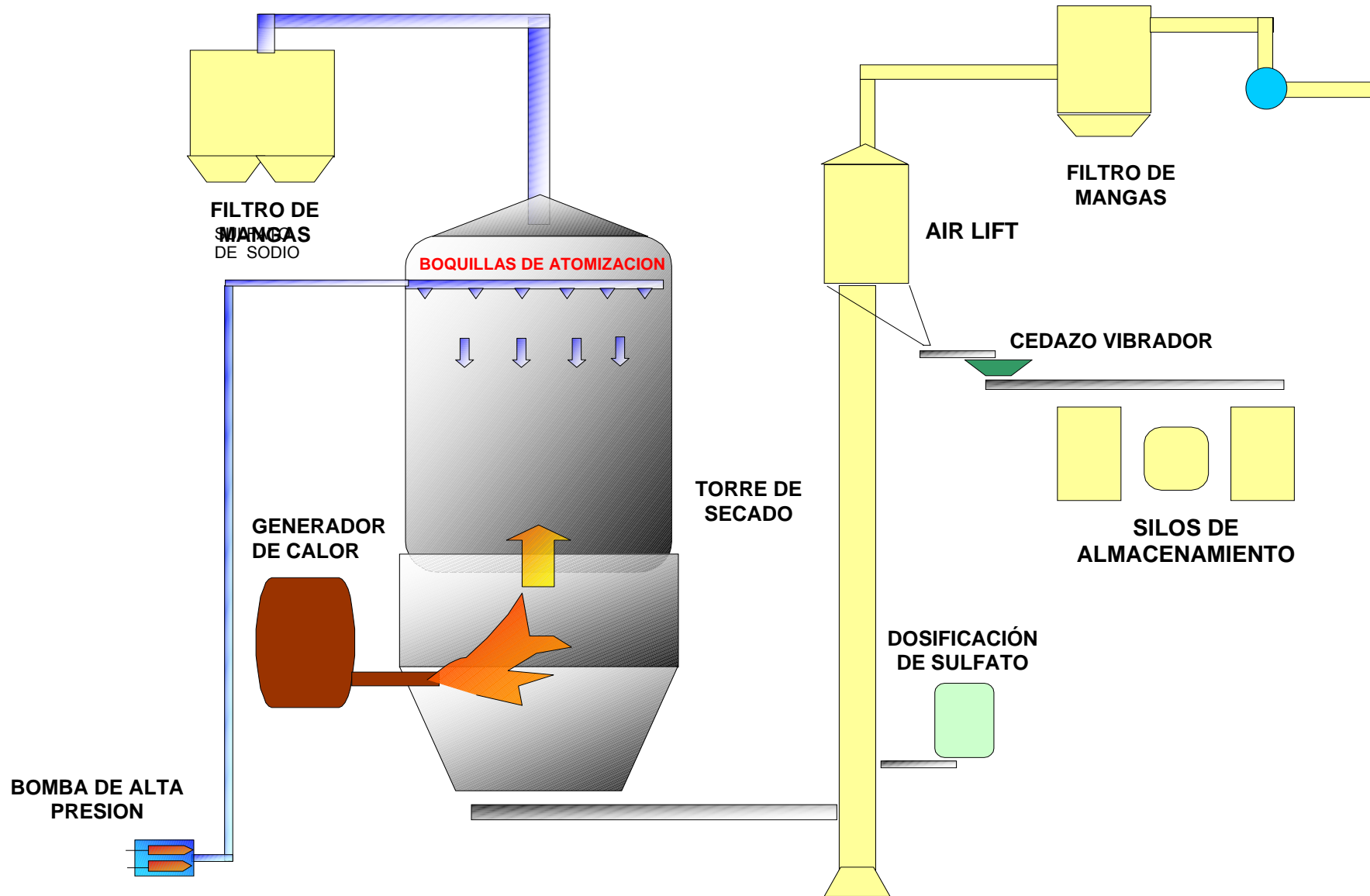
ANEXO 1: PROCESO DE SULFONACIÓN



ANEXO 2: SOPLADO DE MATERIA PRIMA –PREPARACION DE SLURRY

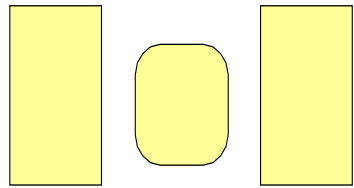


ANEXO 3: ATOMIZACION Y SECADO DE SLURRY



ANEXO 4: POST ADICION

SILOS DE POLVO BASE



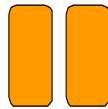
POLVO
BASE



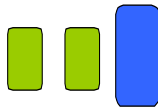
SULFATO
CARBONATO



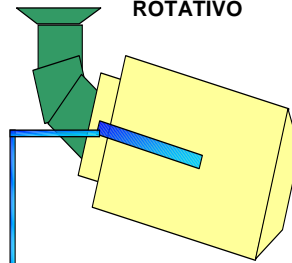
MEZCLA
ENZIMAS



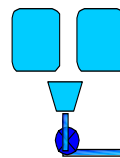
PINTAS



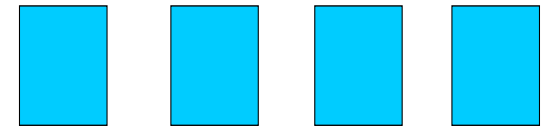
MEZCLADOR
ROTATIVO



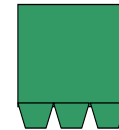
DOSIFICACIÓN
DE PERFUME



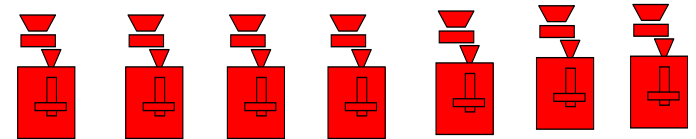
SILOS DE
POLVO BASE



SILO 6
BOCAS



MAQUINAS
ENVASADORAS



ANEXO 5: SPECIFIC SHE STANDAR: SAFE HANDLING OF ENZYMES

Standard: Exposure to detergent enzymes must be prevented or adequately controlled to a level below the Manufacturing Plant OEG's¹, or below any local legislative standards if these are stricter. Primary control² must be achieved at all stages of the manufacturing process by means of equipment design and engineering controls, and not by the use of respiratory protective equipment.

Comentario [m1]: Delete this phrase for clarity as it is covered in the "Application" of the standard below.

Application: This Specific Standard applies to the handling of detergent enzymes, as well as intermediates, products, product waste, and packaging waste that may contain or be contaminated with enzymes, in both Manufacturing Plant³, and Non-Manufacturing Plant⁴ organisations.

See Appendix I regarding scope of applicability of the health surveillance requirements of this standard in relation to Manufacturing Plant and Non Manufacturing Plant organisations.

Key Elements:

The prevention, or control of exposure to enzymes to a level below the Manufacturing Plant OEG's [Table 1a & 1b], must be achieved by;

- i Undertaking, and documenting, a competent assessment of the risks to the health and safety of all persons⁵, for all tasks⁶ and processes involving enzymes or any intermediates, products, or wastes that may contain or be contaminated with enzymes.
- ii Identifying, documenting, and undertaking the necessary actions from the findings of the above risk assessments within timescales that reflect the level of risk.
- iii Ensuring that all persons⁵ understand the hazards of the enzymes, intermediates, products, or wastes they may be exposed to and the risks to health and safety resulting from that exposure, by the provision of adequate information and training. All training received by an individual must be documented.
- iv Only using Manufacturing Plant approved⁷ detergent enzymes. Encapsulated enzymes must meet the applicable quality specifications. [Table 2].
- v Using contained plant, or plant designed to minimise the release of dust and enzyme into the working environment during the handling & dosing of enzymes, and the manufacture,

¹ For the Manufacturing Plant Occupational Exposure guidance limits for detergent dust and enzymes please refer to Table 1a/1b.

² "Primary control" must be undertaken by engineering means. "Secondary control" may include the use of respiratory protection for specific "higher risk" tasks such as discharge of enzyme supply units, access to filling heads, dealing with spillages, etc

³ Includes manufacturing plants, pilot plants, and research & development laboratories

⁴ Joint ventures, Co-producers, Co-packers and Third parties.

⁵ Includes permanent employees, temporary employees, contractors, visitors, emergency services, etc

⁶ Includes production, cleaning [including spillages], maintenance, construction & demolition work.

⁷ Approved by SEAC.

packing, and reclaim⁸ of enzymatic product, by the provision of effective containment and ventilation control designed to achieve ≥ 1.0 m/s at any gap or opening in an enclosure. Guidance on the design of such equipment can be found in the "Safe Handling Procedures for the Manufacture of Enzymatic Detergents" guidance document [Ref.1]. [See note 1].

- vi Treating the exhausted air from ventilation systems used to control enzyme handling or enzyme dosing system with a minimum of two filtration stages. The final stage being to Eu13 / HEPA⁹ standard if the exhaust air from any ventilation control system is returned directly or indirectly to the working environment.
- vii Treating extracted air exhausted to the external environment from blending, packing and reclaim operations with a minimum of Eu8¹⁰ filtration. Air discharged to the external environment through Eu8 filtration must be discharged remotely and must not be able to re-enter the building or air intakes.
- viii Regular inspection and testing of all control measures in place. The results of inspection and testing must be documented. [Guidance on frequency of testing may be found in the "Safe Handling Procedures for the Manufacture of Enzymatic Detergents" guidance document (Ref.1)]
- ix Regular review of all operating procedures, and ensuring that operating procedures are fully understood and implemented. The results of procedural reviews must be documented.
- x Undertaking scheduled air monitoring of the working environment, and local analyses of the samples for all enzymes in use within 4 hours of sampling as specified in the "Safe Handling Procedures for the Manufacture of Enzymatic Detergents" guidance document, unless the site has been awarded Class 1 Status by the HPC ESSG in which case this is relaxed to 24 hours. (Ref.1). Results must be reported to HPC via the SEAC Enzyme Database at a minimum frequency of one month. [See note 2].
- xi Undertaking regular health surveillance, as detailed in the "Health Surveillance of Employees Working with Detergent Enzymes" guidance document (Ref.2)] See also Appendix I.
- xii Participating in an audit programme¹¹ as defined by the HPC ESSG¹² and implemented by the regional Enzyme Competence Centre (ECC).
- Xiii Compliance with the HPC SIMAS Protocol for management of changes involving enzymes.

⁸ Includes out of specification material, line rejects, recovered spillages, trade returns, etc

⁹ High Efficiency Particle Arrestor – to meet Eurovent Standard Eu13 of greater – refer to guidance for more information (Ref. 1)

¹⁰ Eurovent standard Eu8 filtration– refer to the guidance for more information (Ref. 1)

¹¹ Contact Regional ECC for details of the enzyme audit programme(s) in place.

¹² Enzyme Safety Steering Group

Notes for Non Manufacturing facilities

1. Non-manufacturing facilities¹³ are permitted to rely on the use of risk assessment techniques (see i above) to identify the required level of control that is applicable, dependent upon the approval status of the enzyme (see iv above), the volumes of enzymes in use and the frequency of operation. The identified controls must then be implemented for each risk identified.

2 Non-manufacturing facilities¹³ may address the relevance of airborne monitoring in their risk assessment. [Also see note 1].

Supporting Documentation & References:

1. Safe Handling Procedures for the Manufacture of Enzymatic Detergents

For Non-Manufacturing Plant operations, demonstrated compliance with Industry Guidance e.g. from the AISE in Europe or the SDA in the USA, will be accepted as a minimum standard of operation.

For Non-Manufacturing Plant operations, Manufacturing Plant does not mandate serological testing.

Enzyme Suppliers are to be encouraged to adopt a consistent approach to that mandated by Manufacturing Plant in this standard, recognising however that they are handling enzymes in the absence of detergent powders or liquids.

2. Health Surveillance of Employees Working with Detergent Enzymes

Table 1a: Manufacturing Plant OEG's for Detergent Enzymes (Applicable to Detergent Powders & Liquids only)

Enzyme	Units	OEG
Alcalase	Glycine Units (GU)	0.5 GU / m ³
Savinase	Glycine Units (GU)	0.5 GU / m ³
Relase	Glycine Units (GU)	0.5 GU / m ³
Termamyl	Maltose Units (MU)	2.3 x 10 ⁻³ MU / m ³
Duramyl	Maltose Units (MU)	3.3 x 10 ⁻³ MU / m ³
Termamyl Ultra	Maltose Units (MU)	0.84 x 10 ⁻³ MU / m ³
Stainzyme	Stainzyme Maltose Units (SMU)	1.5 x 10 ⁻³ SMU / m ³
Lipolase	Lipase Units (LU)	64 x 10 ⁻³ LU / m ³
Lipex	Lipase Units (LU)	34 x 10 ⁻³ PLU / m ³
Celluzyme	Celluzyme Cellulase Units (CMCU)	8.0 x 10 ⁻⁴ CMCU / m ³
Carezyme	Carezyme Cellulase Units (RCU)	1.12 x 10 ⁻³ RCU / m ³
Clazinase	Clazinase Cellulase Units (CCU)	5.86 x 10 ⁻⁴ CCU / m ³
Renozyme	Carezyme Cellulase Units (RCU)	0.95 x 10 ⁻³ RCU / m ³

¹³ Pilot plants, development laboratories, and analytical Laboratories – refer to guidance (Ref.1)

Table 1b: Manufacturing Plant OEG's for Detergent Dust (Applicable to Detergent Powders only*)

Location	Units	OEG
Enzyme Handling Areas	Micrograms (ug)	500 ug / m ³
Packing Halls / Rooms	Micrograms (ug)	500 ug / m ³
Other Powder Handling Areas	Micrograms (ug)	1000 ug / m ³

(*There are no mandatory requirements to measure airborne dust in factories that only manufacture liquid products.) The dust OEG for Packing Halls / Rooms is lower than for other areas because investigations have shown that the proportion of respirable dust in these areas is higher than in other powder handling areas.

Updated June 2004

Table 2: Manufacturing Plant Elutriation Standards for Encapsulated Enzymes

Enzyme	Units	Elutriation Standard
Alcalase	Glycine Units (GU)	< 165 GU / 60g
Savinase	Glycine Units (GU)	< 165 GU / 60g
Relase	Glycine Units (GU)	< 165 GU / 60g
Termamyl	Maltose Units (MU)	< 0.7 MU / 60g
Duramyl	Maltose Units (MU)	< 1.09 MU / 60g
Termamyl Unltra	Maltose Units (MU)	< 0.62 MU / 60g
Stainzyme	Maltose Units (MU)	< 0.49 MU / 60g
Lipolase	Lipase Units (LU)	< 21.1 LU / 60g
Lipex	Lipase Units (LU)	< 11.1 PLU / 60g
Celluzyme	Celluzyme Cellulase Units (CMCU)	< 0.2 CMCU / 60g
Carezyme	Carezyme Cellulase Units (RCU)	< 0.367 RCU / 60g
Clazinase	Clazinase Cellulase Units (CCU)	< 0.193 CCU / 60g
Renozyme	Carezyme Cellulase Units (RCU)	<0.313 RCU / 60g

These tables were last updated - June 2004

Appendix I.

Scope of applicability of Manufacturing Plant health assessment / surveillance requirements *

Within Manufacturing Plant, the following requirements are mandatory, unless prohibited / restricted by local disability discrimination legislation. Individual participation in the serological testing aspects of the programme is to be strongly encouraged, but is voluntary. [For non-Manufacturing Plant organisations, compliance with the requirements in this appendix is to be recommended.]

Employees and Contractors. (For definitions see next page)

Nature of Operation	All persons working at Manufacturing Plant facilities, in one or more areas where there is a risk of exposure to a detergent enzyme dust and/or aerosol, for more than 4 days per annum in total.
Type of Person	
Manufacturing Plant employees working on their own site.	Regular health assessment / surveillance, <u>including</u> immunological testing, is mandatory
Contractors working on a Manufacturing Plant site.	Regular health assessment / surveillance, <u>excluding</u> immunological testing, is mandatory. [Can be undertaken by Manufacturing Plant or the contractor's own employer.]

Visitors – (Including Manufacturing Plant employees and contractors.)

	High Risk	Low Risk
Nature of Visit	Visit involves access to locations where: <ul style="list-style-type: none"> • Dust and enzyme levels are sometimes out of compliance with Manufacturing Plant standards or; • Where enzyme RPE is required or; • Where the activity to be undertaken involves access inside process equipment (e.g. making, packing, waste handling and ventilation) which may 	Visit only involves access to locations where: <ul style="list-style-type: none"> • Dust and enzyme levels are always in compliance with Manufacturing Plant standards and; • Where enzyme RPE is not required and • Where the activity to be undertaken <u>does not</u> involve access inside process equipment (e.g. making, packing, waste handling and ventilation) which may

	be contaminated with enzyme.	be contaminated with enzyme.
Visitors (including Manufacturing Plant employees and contractors) on site for <=4 days/year.	Prohibit access to these areas Or Regular health assessment / surveillance, <u>excluding</u> immunological testing, is mandatory. [Can be undertaken by Manufacturing Plant or by the persons own employer.]	No formal health assessment / surveillance is required but as a precautionary measure prohibit access if they disclose when asked by their host that they have a history of respiratory illness e.g. asthma or if they refuse to answer this question.

* As detailed in the "Health Surveillance of Employees Working with Detergent Enzymes" guidance document (Ref.2),

Definition of Employee and Contractor

The following definitions are used by Manufacturing Plant in all its published standards and guidance documents:

CONTRACTOR

A contractor is a person hired to work on assignment for Manufacturing Plant, but is self employed or works for a third party company, and who is NOT directly supervised by Manufacturing Plant.

EMPLOYEE

An employee is someone who works for Manufacturing Plant and who is directly supervised by Manufacturing Plant. This includes all persons employed by Manufacturing Plant, irrespective of their seniority or the nature of their contract with Manufacturing Plant, together with persons employed through third parties who are directly supervised by Manufacturing Plant.

ANEXO 6: ANÁLISIS PORQUE MULTIPLE

PLANTA	DETERGENTE	LINEA	ENVASADO	GRUPO	REPROCESO	FECHA	05/08/2003
OBJETIVO	MINIMIZAR LA CANTIDAD DE REPROCESO EN EL AREA DE ENVASADO, Y BUSCAR AHORROS EN LA OPERACIÓN			DEFINICION DEL PROBLEMA	REPROCESO DE POLVO DETERGENTE		
	1ª RONDA	2ª RONDA	3ª RONDA	4ª RONDA	5ª RONDA	Ideas de Mejora	
A	PORQUE SE PRODUCE REPROCESO DE POLVO	PORQUE EXISTEN PROBLEMAS DE PESOS ?	PORQUE HAY EXCESOS DE POLVO FINO ?	PORQUE DOSIFICAMOS SULFATO EN POST-ADICION	PORQUE	?	
	PORQUE POR FUNDITAS FUERA DE ESPECIFICACIONES DE PESO <input type="checkbox"/>	PORQUE POR EXCESO DE POLVOS FINOS <input type="checkbox"/>	PORQUE EN ESPECIAL POR ALTA CANTIDAD DE SULTADO EN POST-ADICION <input type="checkbox"/>	PORQUE CADA PRODUCTO TIENE SU FORMULA <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B	PORQUE SE PRODUCE REPROCESO DE POLVO	PORQUE HAY PROBLEMAS EN LOS SELLADORES ?	PORQUE	PORQUE	PORQUE	?	
	PORQUE POR PROBLEMAS EN SELLADORES <input type="checkbox"/>	PORQUE DESGASTES EN LAS CARAS SELLADORAS <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
C	PORQUE SE PRODUCE REPROCESO DE POLVO	PORQUE HAY PROBLEMAS DE EMPAQUE ?	PORQUE HAY EXCESO DE TENSION Y POCO TIEMPO DE CURADO ?	PORQUE	PORQUE	?	
	PORQUE POR PROBLEMAS DE EMPAQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE PROBLEMAS DE TENSION Y TIEMPO DE CURADO <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE PROBLEMAS EN LOS RODILLOS DE IMPRESIÓN, Y POCO TIEMPO DE ENTREGA DE ROLLOS <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D	PORQUE SE PRODUCE REPROCESO DE POLVO	PORQUE VARIACIONES DE DENSIDAD ?	PORQUE GEOMETRIA DE LOS SILOS ?	PORQUE	PORQUE	?	
	PORQUE POR VARIACIONES DE DENSIDAD (POLVO FINO -SEGREGACION) <input type="checkbox"/>	PORQUE PROBLEMAS EN GEOMETRIA DE LOS SILOS <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE EL TAMAÑO DE LOS SILOS ES MUY GRANDE, Y NO ES RECOMENDABLE ALMACENAR GRANDES CANTIDADES (16TON) DE POLVO TERMINADO <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
E	PORQUE	PORQUE VARIACIONES DE DENSIDAD ?	PORQUE HAY PROBLEMAS EN LAS BOQUILLAS ?	PORQUE	PORQUE	?	
	<input type="checkbox"/>	PORQUE PROBLEMAS EN LAS BOQUILLAS ATOMIZADORAS DE SLURRY EN LA TORRE DE SECADO <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE ALGUNAS BOQUILLAS TIENEN DESGASTE Y POR ENDE SU DIAMETRO SE HIZO MAS GRANDE <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F	PORQUE SE PRODUCE REPROCESO DE POLVO	PORQUE POR CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN ?	PORQUE LA OPERACIÓN DE REPROCESO ES MANUAL ?	PORQUE	PORQUE	?	
	PORQUE POR CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE CADA MAG. ENVASADORA TENDRA UNA CANT. MIN. DE REPROCESO, Y ESTA SERA PROCESADA CON AYUDA DE LA OPERACIÓN DE REPROCESO MANUAL <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE NO EXISTE AUTOMATIZACION DE LA OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	PORQUE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<p>DISMINUIR LA CANTIDAD DE SULTADO EN POST-ADICION Y AUMENTAR DOSIFICACION DE SULFATO EN EL AREA DE SLURRY</p> <p>INSTALAR NUEVOS SELLADORES EN LAS MAQUINAS QUE PRESENTEN PROBLEMAS DE SELLADO EN LAS MAQUINAS PILOTO</p> <p>GAMBIAR RODILLOS DE IMPRESIÓN DE LA EMPRESA QUE NOS PROVEE LOS ROLLOS Y DARLE MAYOR TIEMPO EN ENTREGA DE ROLLOS</p> <p>EVALUAR LA POSIBILIDAD DE TENER ELEVADORES DE CANQUILONES QUE ALIMENTEN DIRECTAMENTE A LAS TOLVAS DE MAQUINAS ENVASADORAS</p> <p>CAMBIAR BOQUILLAS DESGASTADAS EN EL ANILLO DE LA TORRE DE SECADO</p> <p>DISEÑAR Y CONSTRUIR UNA SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVO DETERGENTE, PARA EVITAR CONTACTO DIRECTO CON POLVO ENZIMATICO</p>							

ANEXO 8 TAMAÑOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTICULAS LLEVADAS AL AIRE

		Diámetro de partícula, micras (μ)																	
		0.0001		0.001		0.01		0.1		1		10		100		1000		10000	
		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	
		0.0001		0.001		0.01		0.1		1		10		100		1000		10000	
Tamaños equivalentes		Unidades Angstrom, A																	
		Malla de tamiz de Tyler Malla de tamiz U.S.																	
Ondas electromagnéticas		Rayos X, Ultravioleta, Visible, Infrarrojo próximo, Infrarrojo lejano, Microondas (radar, etc.)																	
		Sólidos, Líquidos, Gases																	
Definiciones técnicas		Internacional Sys. Classification System o de Abergers adoptado por la Normal Soc. Sw. Sc. desde 1934																	
		Arcillas, Fango, Arena fina, Arena gruesa, Grava																	
Dispersión atmosférica comunes		Esmog, Nubes y niebla, Niebla-Llovizna, Lluvia																	
		Humo de resina, Humos de aceites, Humo de tabaco, Polvos y vapores metalúrgicos, Humo de cloruro de amonio, Polvo de cemento, Polvo de sulfuro, Negro de humo, Netaína de sulfuro por contacto, Pigmentos de pinturas, Vapores de zinc, Sílice coloidal, Leche soada por aspersión, Vapores de álcalis, Núcleos de Alken, Polvo atmosférico, Núcleos de sal marina, Núcleos de combustión, Virus																	
Partículas típicas y dispersión gaseosas		Moléculas de gas: O ₂ , N ₂ , CO ₂ , H ₂ O, CH ₄ , SO ₂ , C ₂ H ₆ , H ₂ , CO, H ₂ O, NO, C ₂ H ₆																	
		Humedad, Gota de agua, Gota de aceite, Gota de pintura, Gota de boquilla, Gota de boquilla neumática, Diámetro de los glóbulos rojos (adultos) 7.5μ ± 0.3μ, Cabello humano, Gotas de boquillas hidráulicas																	
Métodos para el análisis de tamaños de partículas		Ultramicroscopio, Microscopio electrónico, Centrifugo, Ultracentrifugo, Difracción de rayos X, Adsorción, Turbidimetría, Permeabilidad, Exploradores, Contador de núcleos, Conductividad eléctrica, Visible al ojo																	
		Herramientas de máquinas (micrómetros, calibradores, etc.)																	
Tipos de equipos para limpieza de gases		Ultrasonica (aplicación industrial muy limitada), Lavadores líquidos, Colectores de polvo, Lechos empacados, Filtros para aire de alta eficiencia, Precipitación térmica (solo se usa para muestras), Precipitadores eléctricos, Separadores centrífugos, Separadores por choque, Separadores mecánicos																	
		Cámaras de sedimentación																	
Sedimentación gravitacional normal* (para esféricas, grav. esp. 2.0)	En aire a 25°C, 1 atm	Número de Reynolds, Velocidad de sedimentación, cm/s																	
	En agua a 25°C	Número de Reynolds, Velocidad de sedimentación, cm/s																	
Coeficiente de difusión de las partículas* cm ² /s	En aire a 25°C, 1 atm	En aire a 25°C, 1 atm																	
	En agua a 25°C	En agua a 25°C																	
* Factor de Stokes-Cunningham incluido en los valores dados para el aire, pero no incluido para el agua		Diámetro de partícula, micras (μ)																	

FIGURA 8.1
Tamaños y características de las partículas llevadas por el aire. [Tomado de C. E. Lapple, *Stanford Res. Inst. Jour.*, Vol. 5, pág. 94 (tercer trimestre de 1961). Reimpreso con autorización.]

ANEXO 9 CLASES DE FILTROS DE PROFUNDIDAD

Table 8.9: Summary - Filter Classes - Technical Data

Designation		High grade fine dust filter			Absolute (submicron) filter	
Filter Classes		EU 6 DIN 24 185	EU 7 DIN 24 185	EU 9 DIN 24 185	R DIN 24 184	S DIN 24 184
Residual dust content	mg/m ³	to 0,10	< 0,05	to 0,01	< 0,005	< 0,001
Average separation efficiency	%	96	99	99		
Average efficiency as in ASHRAE Standard 52-76	%	66	85	95		
Permeability degree as per DOP-Test	%				95	99.99-99.999
Permeability degrees	DIN				24 184	24 184
Nominal air quantity	m ³ /h	3400	3400	3400	1850	1850
Pressure difference	Pa	50-600	170-600	160-400	125-2500	250-2500
Dust storage capacity approx.	g	1500...2000	1500...2000	1000...1500	1000...1500	1000...1500
Characteristics		effective against fine dust, limited effect with smoke and particles, which cause spots (soot, oil mist)	effective against all types of fine dust including particles, which cause spots (soot, oil mist)	very effective against polluting and discolouring particles of all kinds, very effective against germs	high separation efficiency against germs, radioactive dust and all types of smoke and aerosols	highest separation efficiency with germs, radioactive dust and all types of dust particles and aerosol
Application		Air feed to work shops and public buildings, e. g. schools, sport halls and businesses	Workshops needing special freedom from dust, optical workshops and laboratories	Particular application for „clean rooms“, optical and electronic production bays and laboratories	Application for „clean rooms“ and working benches, assembly and test rooms for precision mechanics, nuclear power works and special laboratories	Application in „clean rooms“ of the highest classification for hospitals, nuclear power installations, bacteriological laboratories and laboratories with the highest claims to purity of air.

ANEXO 10 MATERIAL DE TELA DE MANGAS

Table 8.3: Characteristics of Textile Fibres for Filter Media [Lit. 32]

Chemical structure	Natural fibres		Synthetic fibres			Synthetic fibres					Glass fibres	Metal fibres
	Keratin	Cellulose	PVC	Polyamide	Polyamide (aromatic)	Polyacrylonitrile	Polyester	Polypropylene	Polyethylene Sulphide	PTFE	Silicate	V2A chrome-nickel steel
None manufacture: German	Wolle	Baumwolle	PCU, Ce, CE Rhovyl-Fibro	Nylon Perlon		Dralon-T T = technical	Diolen Trevira Vestan	Hostalen PP Meraklon		Hostaflon	Textile glass	
English American	Wool Wool	Cotton Cotton	Vinyon	Nylon Nylon	Nomex	Orlon	Terylene Dacron		Ryton	Teflon		Brunsnit
Density, in g/cm ³	1,32	1,47-1,50	1,39-1,44	1,13-1,15	1,38-1,41	1,14-1,16	1,38	0,9-0,91	1,37	2,3	2,54	7,9
Tensile resistance in cN/dtex	2,5-5	1,0-2,0	2,0-3,0	4,0-6,0	4,0-5,3	2,0-3,5	2,5-6,5	2,5-6,0	3,0-3,5	0,8-1,4	7,0-12	2,2-2,9
Wet strength, rel. expressed as % of the dry strength	85	110	100	90	60-80	90-95	93-97	100		100	80-100	100
Elongation at break in %	25-35	7-10	12-25	25-45	20-25	15-30	10-20	15-30	35-40	18-75	2-5	1,4-1,7
Moisture absorption at 20° C and 65 % relative humidity, in %	15-17	7-11	0-0,2	4,0-4,5	4,5-5,0	1-2	0,2-0,5	0	0,6	0	0,1	0
Moisture regain value in %	40-45	45-50	4-6	10-14	12-17	4-6 approx.	3-5	0	0	0	0	-
Resistance: to Acids	good at low temp.	poor	good at any concentration	weak acids: cold: good warm: poor	cold adequate warm: in adequate	good except f. hydrochloric acid	weak acid: good conc. acid: adequate	very good except for conc. HNO ₃	good except for conc. acids poor oxidizing media	extremely good boiling mineral acids bleach	attacked by some conc. acids	good except for H ₂ SO ₄ and HCl
to Alkalis	poor	good	almost completely resistant	good except for 10 % sodium hydroxide	adequate except for hot conc. alkaline solutions	adequate res. to weak alkaline solutions	good at low temp. and weak alkaline solutions	very good except for hot conc. alkaline solutions	good except for conc. alkaline solutions	extremely good	poor with conc. alkaline solutions	very good
Resistance to insect attack and bacteria	untreated: slight	untreated: slight	completely resistant	very good	very good	very good	very good	very good	very good	not affected	not affected	not affected
Temp. resistance in dry filtration Cont. temp. ° C (x = dry heat)	80-90	75-85	40-50	75-85	180-200	125-135	130-140x	80-90	170-190	200-220	220-250	400-430

ANEXO 11 DIAGRAMA DE MOODY

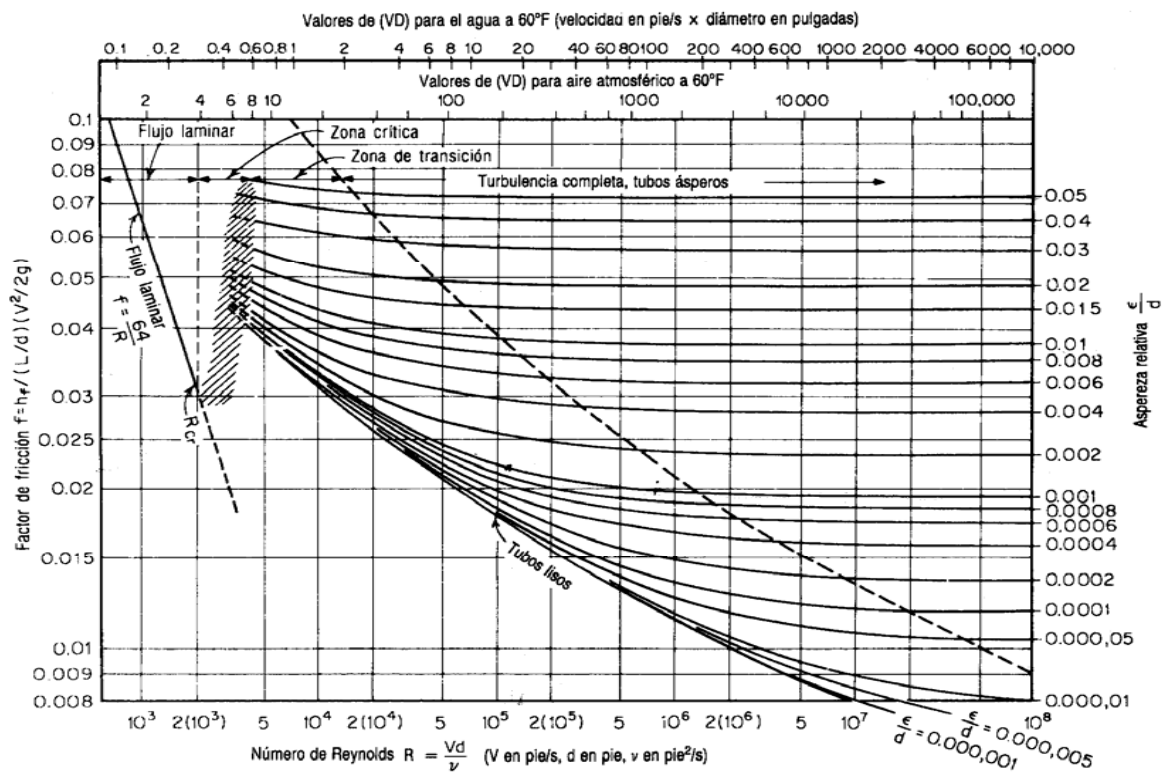
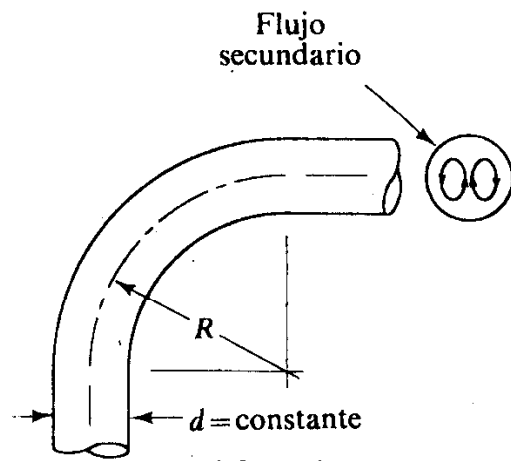
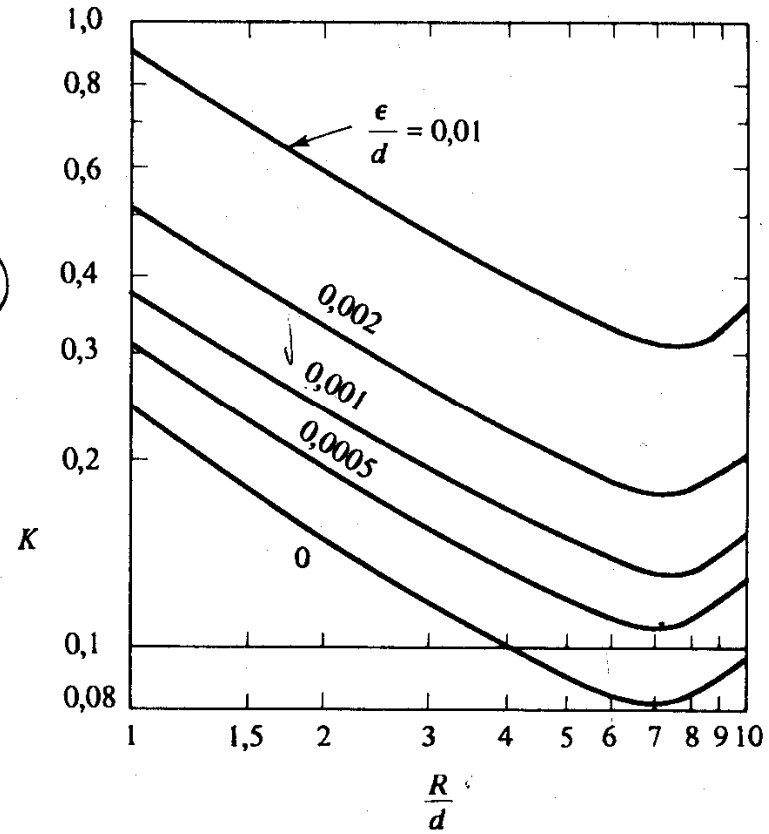


Fig. 3.3.24 Factores de fricción para el flujo en tubos.

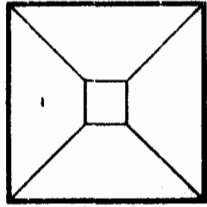
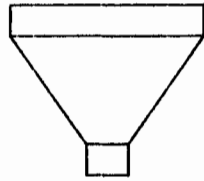
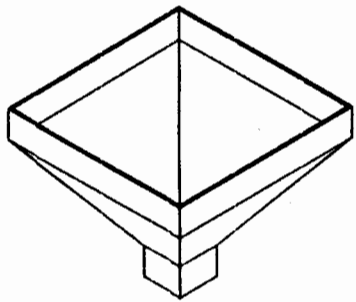
ANEXO 12 PERDIDAS POR CODOS 90° DE TUBERIA



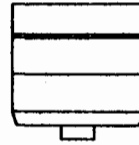
(Nota: Se debe añadir la resistencia debido a la longitud del codo.)



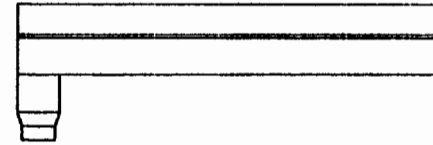
PLANOS



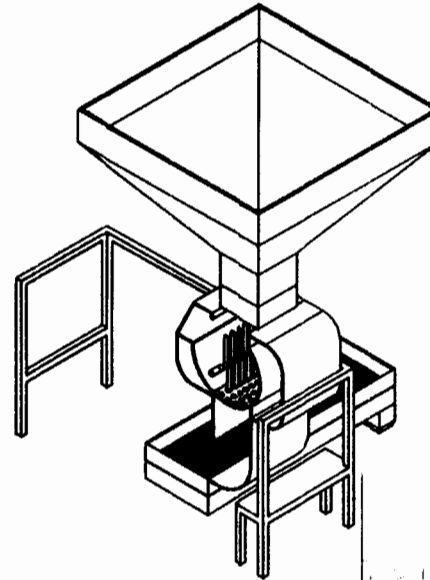
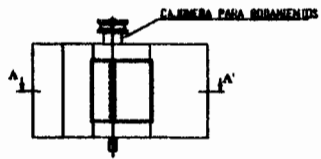
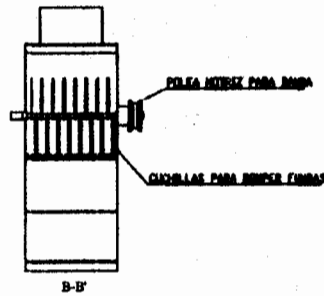
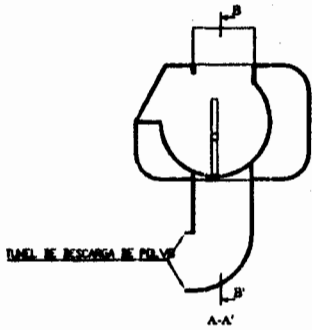
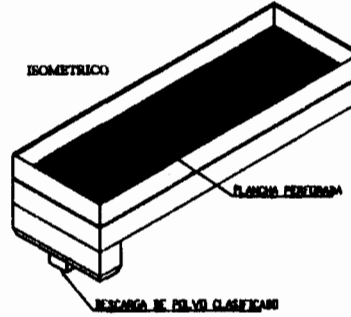
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMETRICO

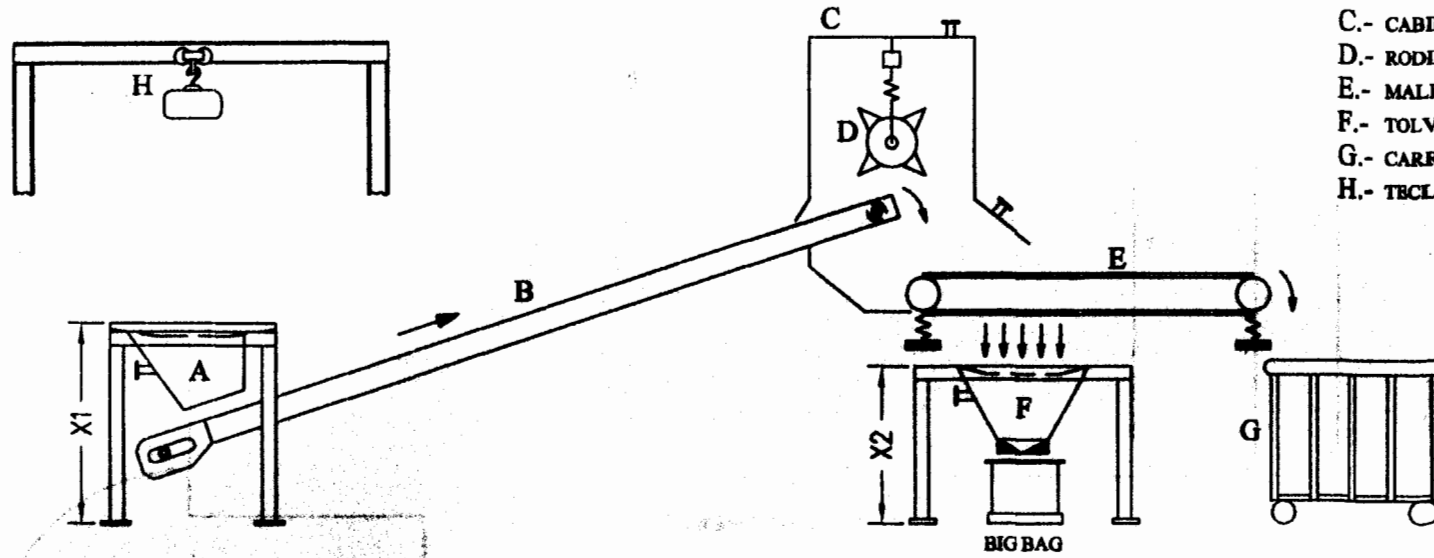


DISÑO A

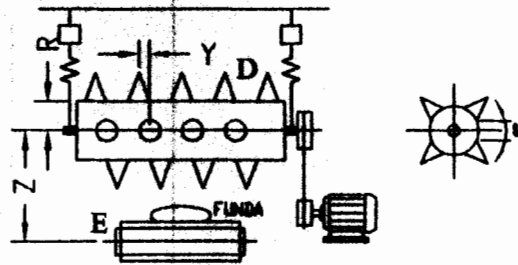
DISEÑO: E. M. GARCÍA
 DISEÑO: E. M. GARCÍA
 DISEÑO: E. M. GARCÍA
 DISEÑO: E. M. GARCÍA

FECHA: 01/05/2007
 LUGAR:

- A.- TOLVA DE ALIMENTACION DE FUNDAS
- B.- TRANSPORTADOR DE FUNDAS
- C.- CABINA DE ASPIRACION DE POLVO ENZIMATICO
- D.- RODILLO CORTADOR DE FUNDAS
- E.- MALLA VIBRATORIA
- F.- TOLVA DE RECEPCION DE POLVO REPROCESADO
- G.- CARRO PARA FUNDAS VACIAS
- H.- TOLVA PARA BIG-BAG DE FUNDAS LLENAS



DETALLE DE CUCHILLA

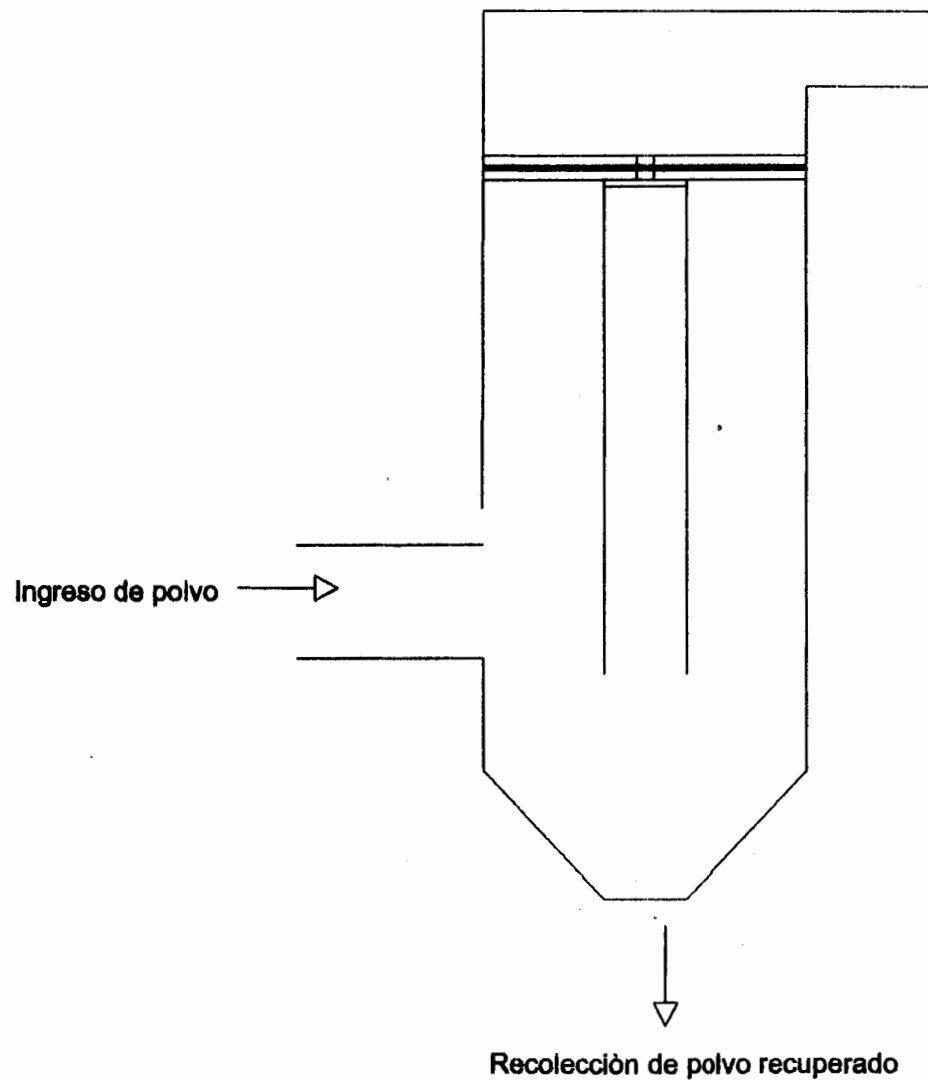
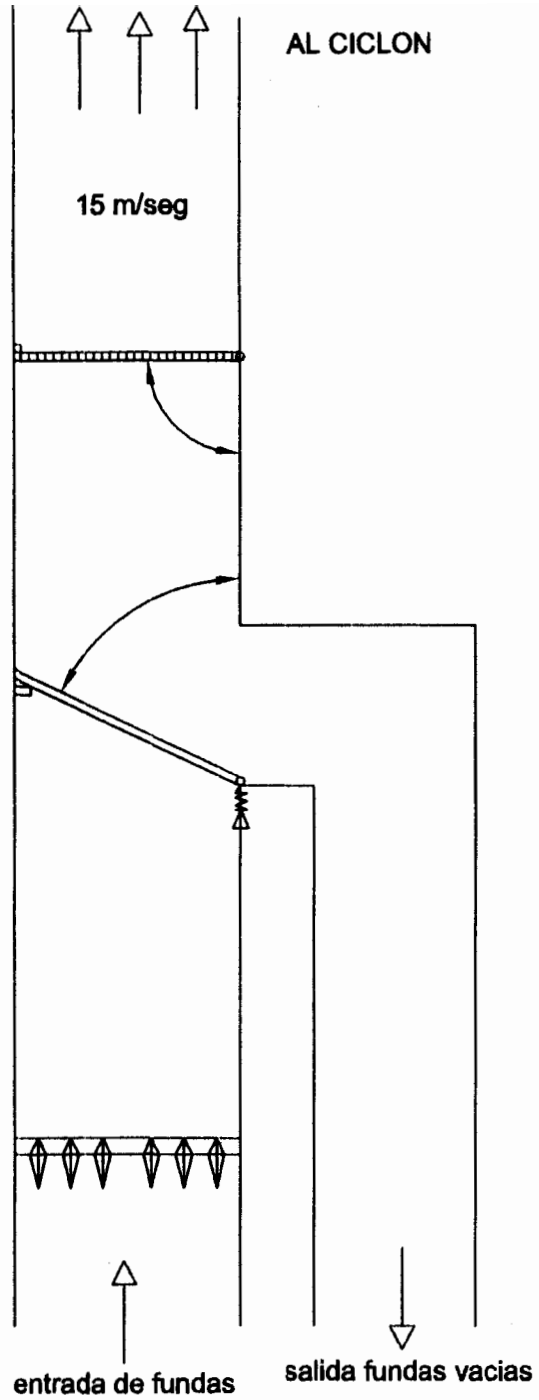


- Y= MINIMO ESPACIO ENTRE CUCHILLAS
- &= ARCO ENTRE CUCHILLA Y CUCHILLA
- R= RADIO DE RODILLO CORTADOR
- Z= DISTANCIA ENTRE CENTRO DE RODILLO DE TRANSPORTADOR Y RODILLO CORTADOR

DISEÑO B

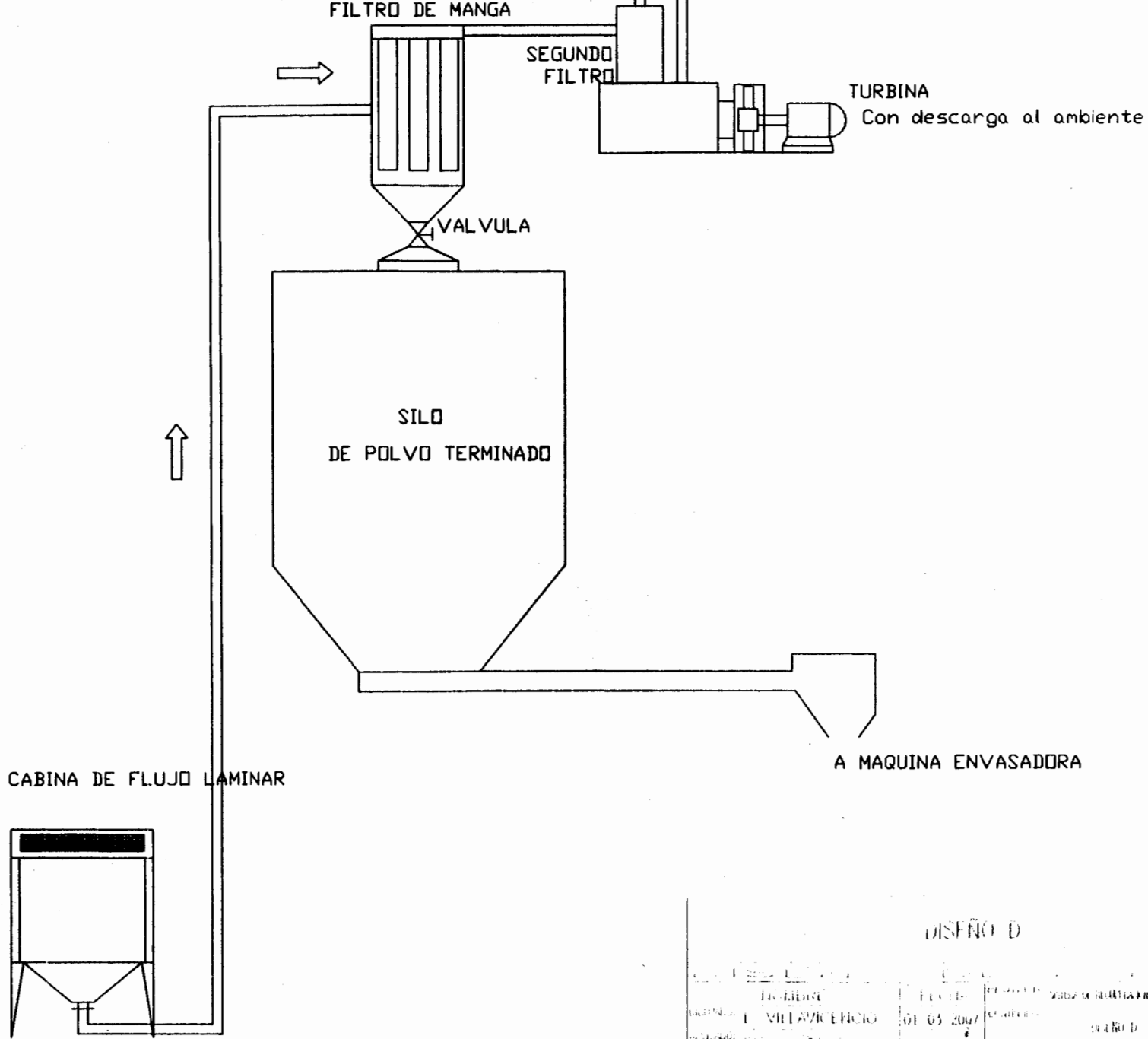
DISEÑADO: L. VILLAVICENCIO
 REVISADO: ING. E. MARTINEZ
 APROBADO: ING. E. MARTINEZ

FECHA: 01-05-2007	PROYECTO: 2006-01-001
ESTADO: 01	FECHA: 01-05-2007



DISEÑO C

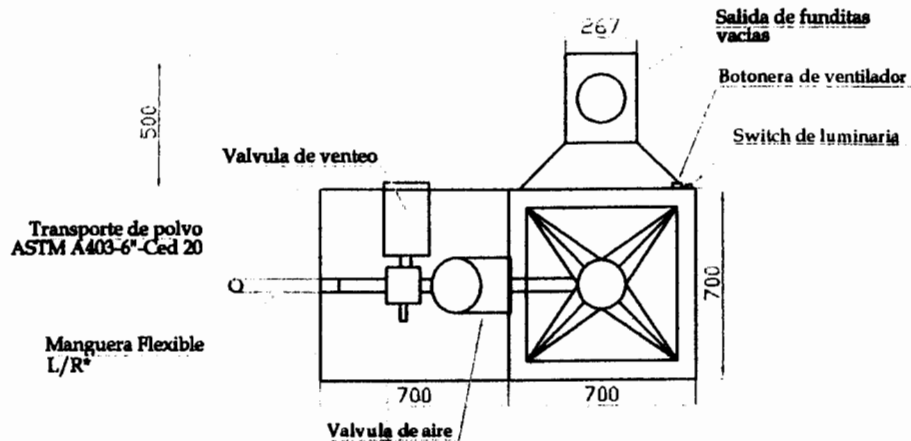
PROYECTO	INDUSTRIAL	FECHA	01/05/2007
DISEÑADO	E. MORALES	REVISADO	E. MORALES
PROYECTADO	E. MORALES	APROBADO	E. MORALES



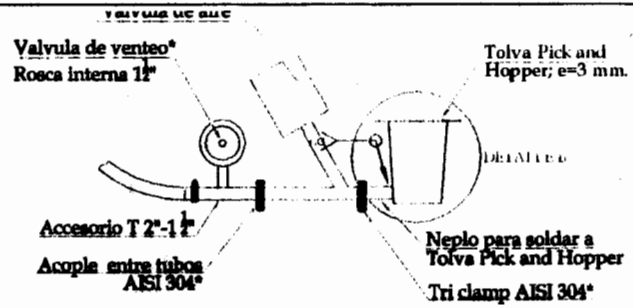
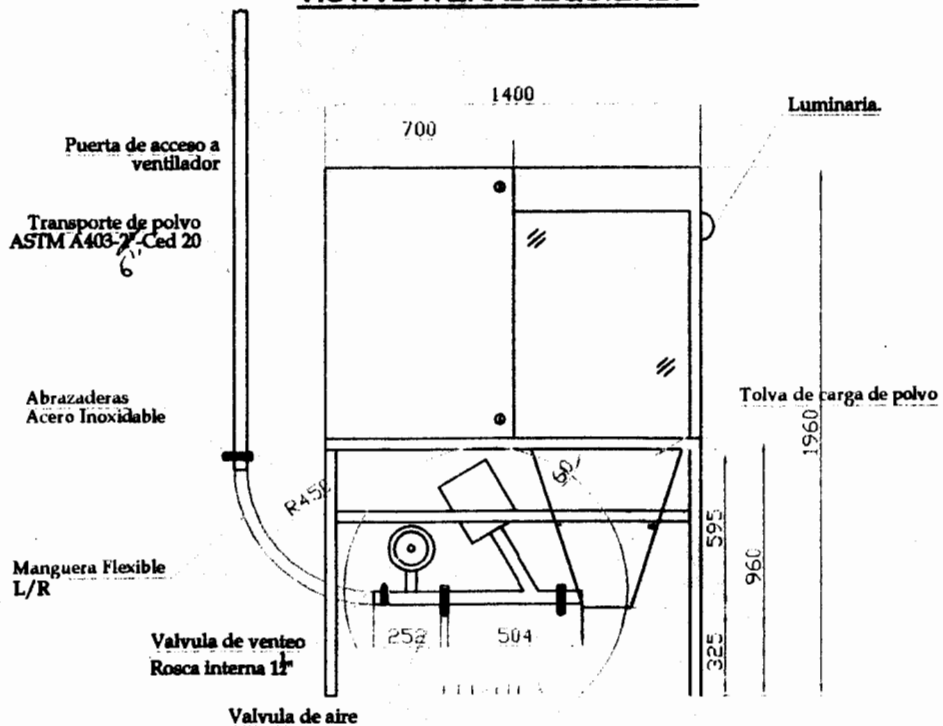
DISÑO D

PROYECTO	FECHA	ELABORADO POR	REVISADO POR
PROYECTO DE MAQUINA ENVASADORA	01-03-2007	ING. E. MARTINEZ	ING. E. MARTINEZ
PROYECTO			
PROYECTO			

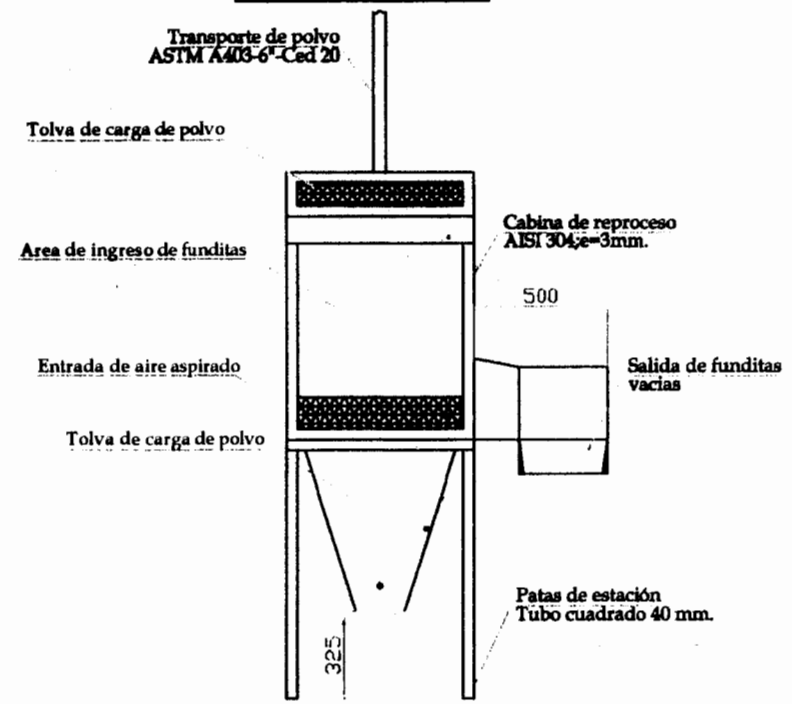
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL IZQUIERDA



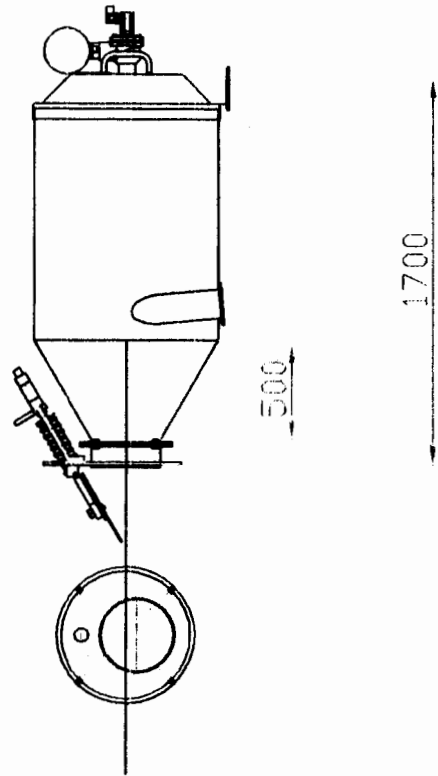
* Provisión Unilever DETALLE A VISTA FRONTAL



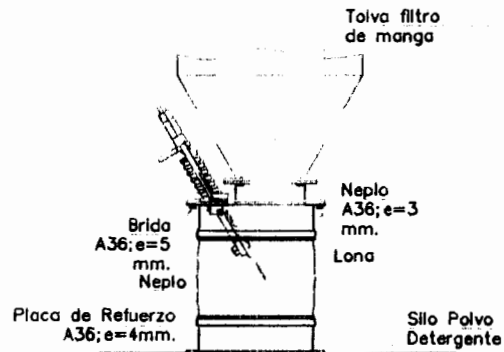
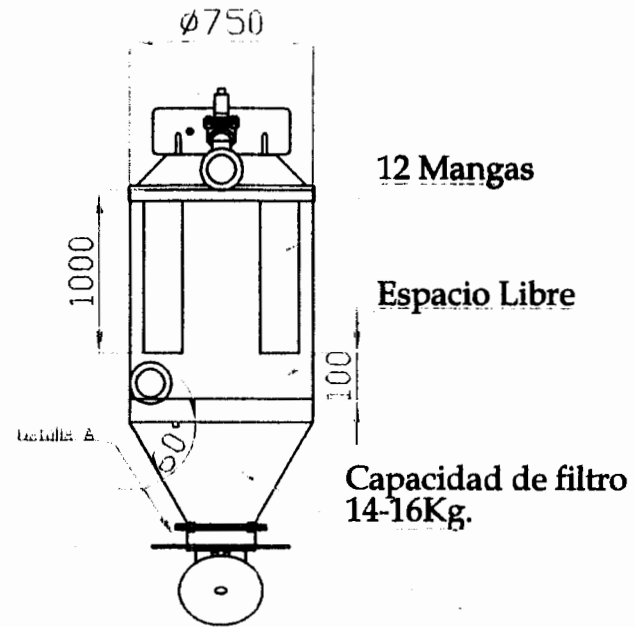
CABINA DE FLUJO LAMINAR

DISEÑO: EISENCO DIBUJADO: I. VILLAVICENCIO REVISADO: ING. E. MARTINEZ APROBADO: ING. E. MARTINEZ	FECHA: 01-05-2007	PROYECTO:	CLIENTE:
---	-------------------	-----------	----------

VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA FRONTAL

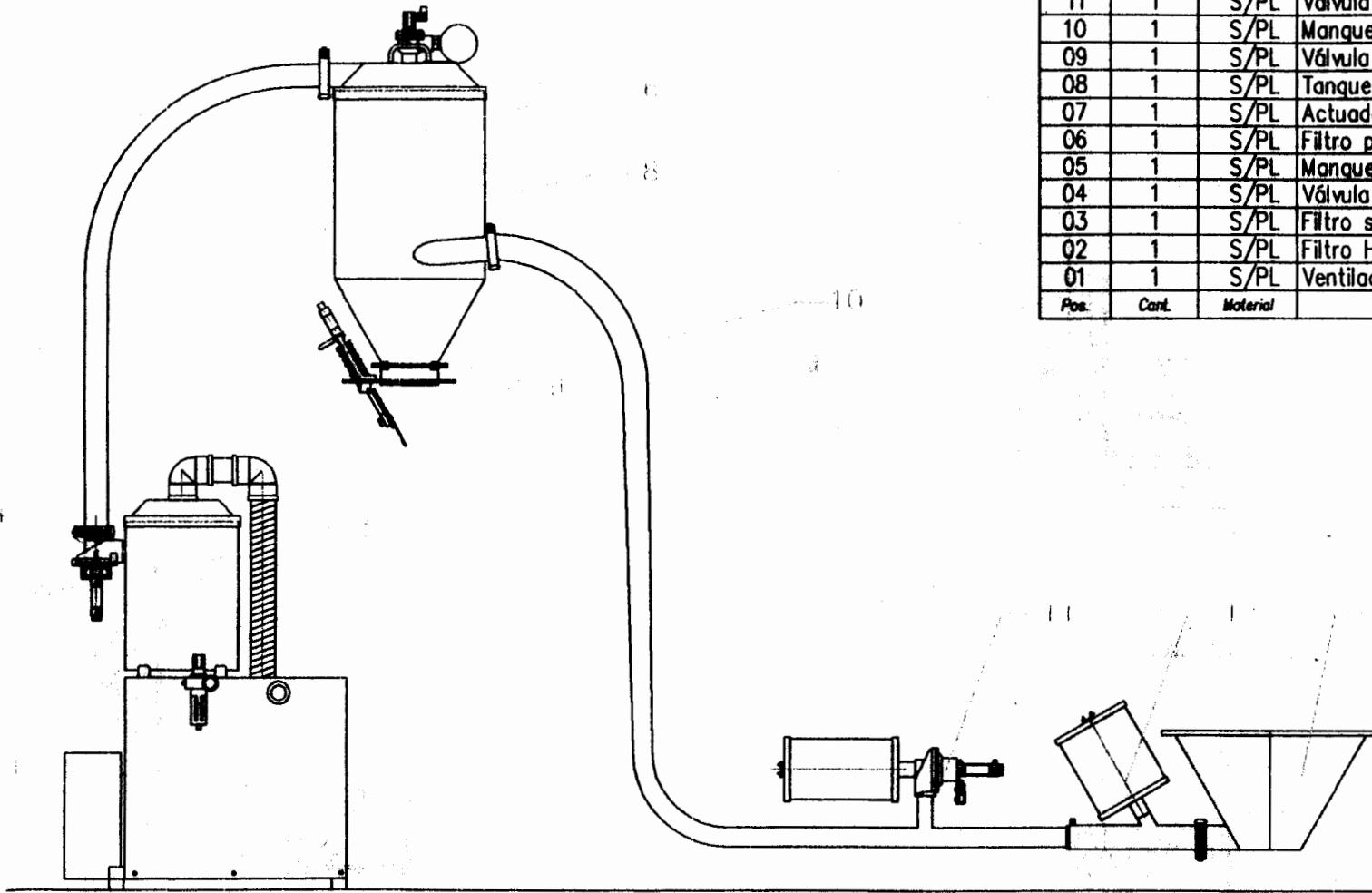


TIPICO DE INSTALACION DE LONA

FILTRO DE MANGAS

DESCRIPCION		CANTIDAD	
1	FILTRO DE MANGAS	1	1
2	DETALLE A	01-03	2002
3	BRIDA A36; e=5 mm. Neplo	1	1
4	Neplo A36; e=3 mm. Lona	1	1
5	Placa de Refuerzo A36; e=4mm.	1	1

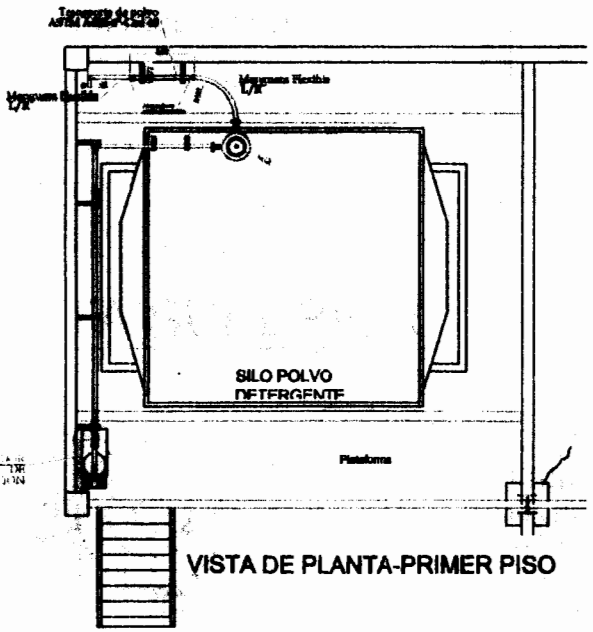
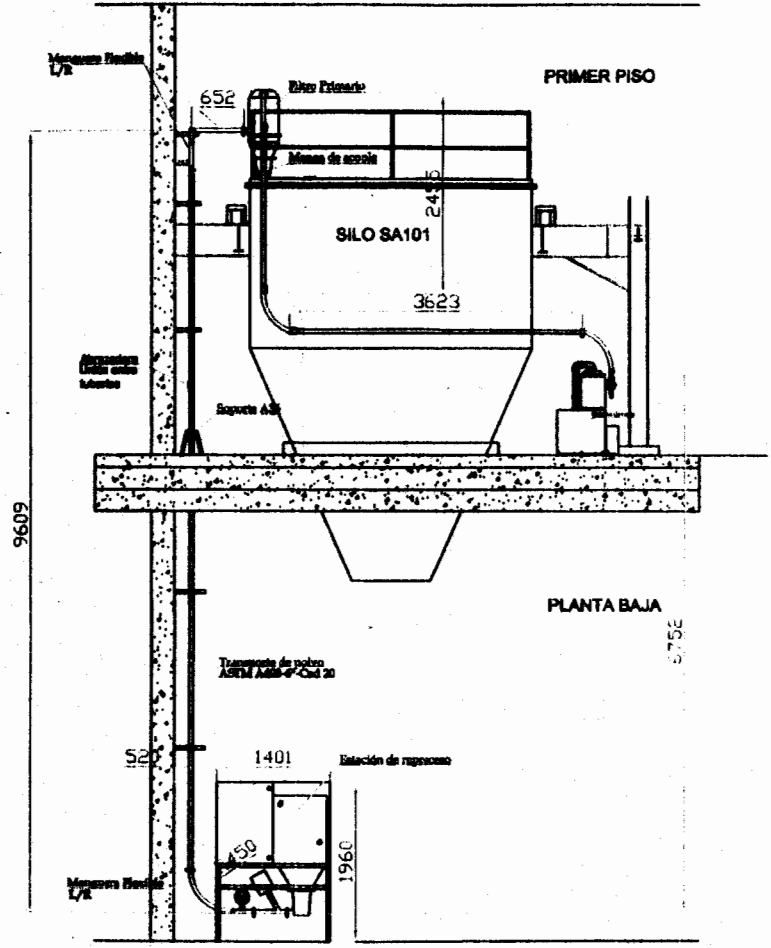
13	1	S/PL	Punto de toma
12	1	S/PL	Válvula de ingreso aire de transporte
11	1	S/PL	Válvula de venteo de línea
10	1	S/PL	Manguera de aspiración de producto
09	1	S/PL	Válvula de descarga a clapeta
08	1	S/PL	Tanque colector de producto
07	1	S/PL	Actuador limpieza filtro primario
06	1	S/PL	Filtro primario
05	1	S/PL	Manguera de vacío
04	1	S/PL	Válvula comando de vacío
03	1	S/PL	Filtro secundario
02	1	S/PL	Filtro HEPA
01	1	S/PL	Ventilador centrífugo
Pos.	Canl.	Material	Descripción



ESQUEMATICO TRANSPORTE DE POLVO

AUTORIZADO		FECHA		PROYECTO	
NOMBRE		FECHA		DESCRIPCIÓN	
DIET. DISEÑO	E. VILLAVICENCIO	01-03-2007		Equipamiento transporte de polvo	
REVISADO	ING. E. Martínez			(25000kg)	
APROBADO	ING. E. Martínez			P07	

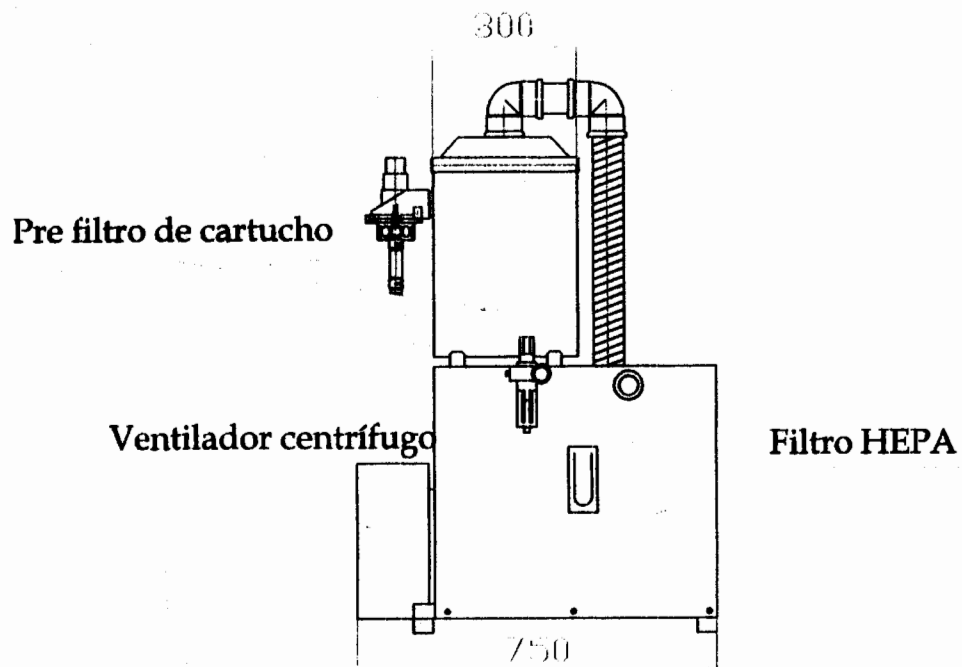
VISTA DE CORTE
PLANTA BAJA-PRIMER PISO



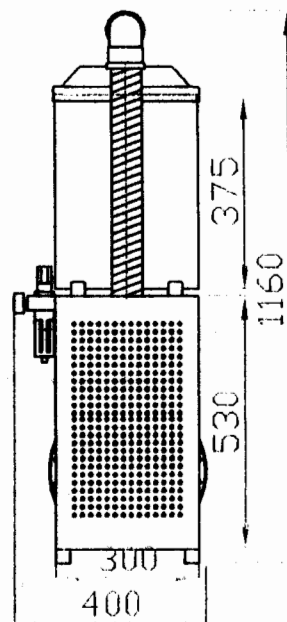
SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO DETERGENTE

Elaborado	FECHA	PROYECTO
E. MITAVICENCIO	01-03-2007	SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO DETERGENTE
Revisado		SISTEMA DE EQUIPAMIENTO PARA INDUSTRIAS
ING. E. Mitavencio		
ING. E. Mitavencio		

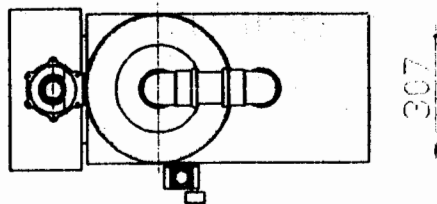
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA SUPERIOR



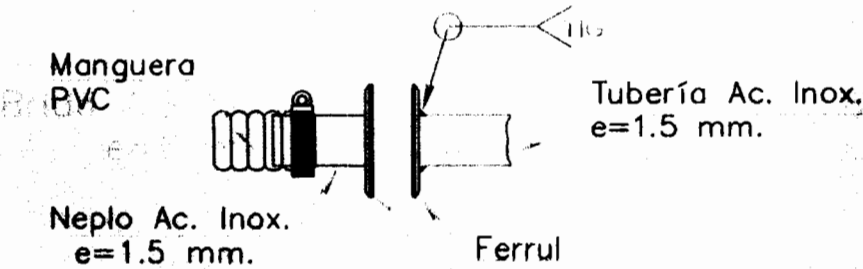
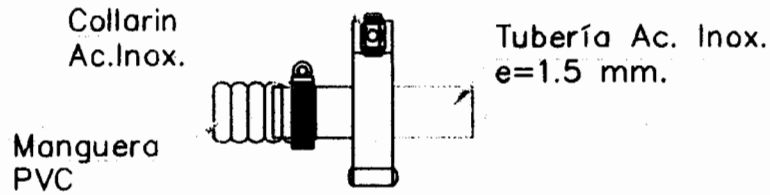
El filtro HEPA admite una caída de presión máxima de 5 cm de columna de agua que se verifica en el medidor U. El filtro no se puede soplear y debe cambiarse.

VENTILADOR FILTRO DE MANEJO

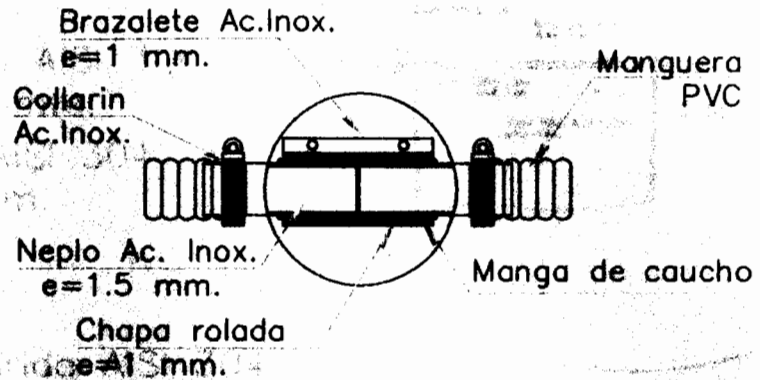
Modelo	U-03-2002	Descripción	Filtro de manejo de aire
Fabricante	IRG E. ESPINÓZ	Material	Aluminio, acero inoxidable
Referencia	IRG E. ESPINÓZ	Observaciones	

Abrazadera
Triclamp
Dext=50mm
Dint=47mm.

Abrazadera



UNION TRICLAMP

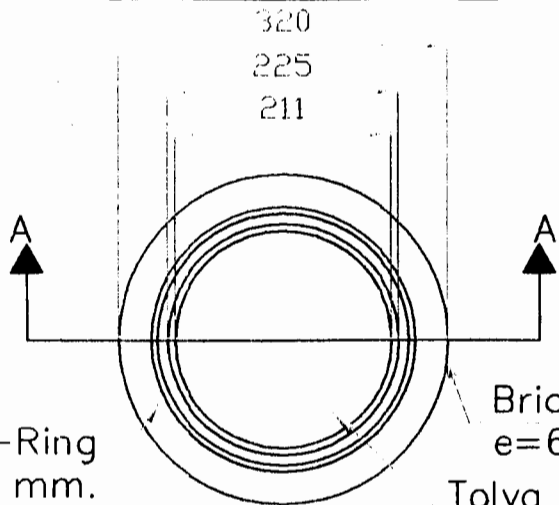


UNION BRAZALETE

TIPICOS JUNTAS

TIPO	UNION FLEXIBLES	CON TUBERIA	CON TUBERIA
REVISADO	ING. E. MARTINEZ	50-04-2007	ING. E. MARTINEZ
APROBADO	ING. E. MARTINEZ		

VISTA SUPERIOR

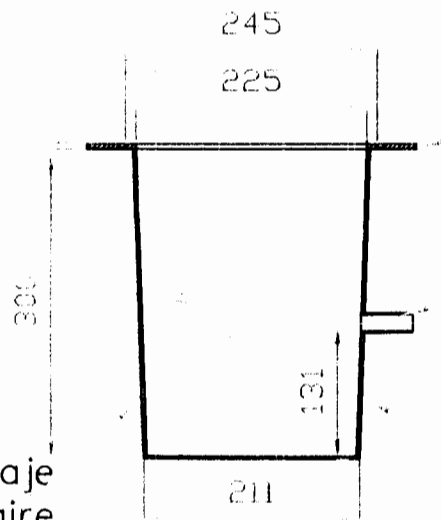


Canal para O-Ring
6 x 3x3 mm.

Brida AISI 304
e=6 mm.

Tolva AISI 304
e=3 mm.

CORTE A A



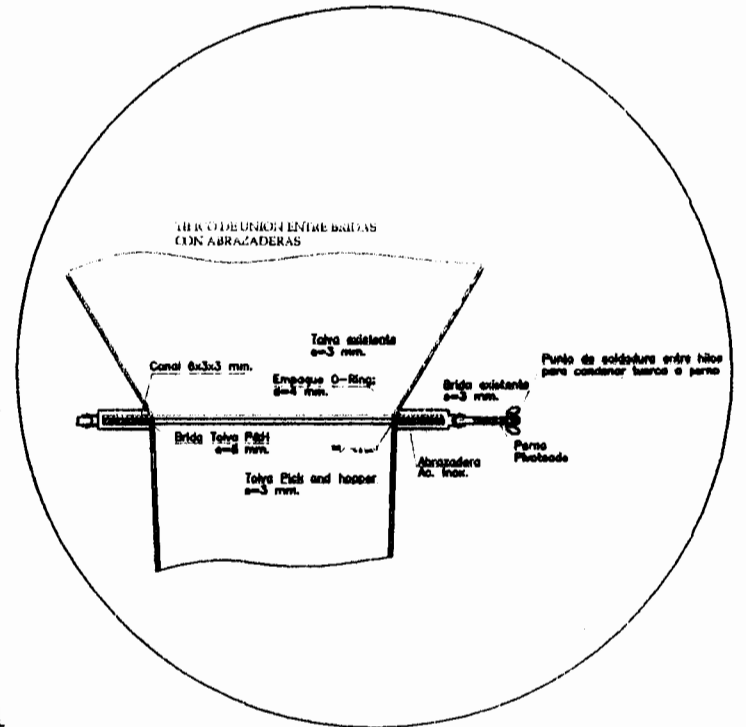
Brida AISI 304
e=6 mm.

Brida AISI 304
e=6 mm.

Neplo Ac. Inox $\frac{3}{4}$ "
Roscado interno NPT

Tolva AISI 304
e=3 mm.

Agujero para montaje
filtro de aire



JUNTA CABINA CON COLECTOR DE POLVO

PROYECTO	1200	FECHA	25/04/2007
DISEÑADO	E. VILLARREAL	REVISADO	E. GARCIA
APROBADO	E. GARCIA	FECHA	25/04/2007

BIBLIOGRAFÍA

1. MANUAL FACILITADOR TPM , IMC , 2002
2. INGENIERÍA DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, Noel de Nevers, 1998, .
3. MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO TOMO V, Robert H. Perry, 1992, Editorial Mc Graw Hill
4. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO TOMO I, Eugene A. Avallone , 1995, , Editorial Mc Graw Hill.
5. MECANICA DE FLUIDOS, Frank M. White, 1988, Editorial Mc Graw Hill
6. INTENSIV FILTER, Intensiv-Filter GMBH & CO KG, 1990, Intensiv Filter
7. GESTION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS, Julián Raúl Salvarredy, 2003, Omicron System
8. ESTUDIO DE ASPIRACION DE POLVO ENZIMATICO, Euder Jumbo, 2006