



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROGRAMA DE CONTROL DE POLVOS PARA UNA
PLANTA PRODUCTORA DE PAÑALES DESECHABLES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A:

MICHAEL SCHNIPPENKOETTER WARNHOLTZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MEXICO, D. F.

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

Jurado asignado:

Presidente	Prof. Eduardo Rojo y de Regil
Vocal	Prof. Alfonso Mondragón Medina
Secretario	Prof. José Agustín Texta Mena
Primer suplente	Prof. Ramón Edgar Domínguez Betancourt
Segundo suplente	Prof. Humberto Rangel Dávalos

Sitio donde se desarrolló el tema:

Procter & Gamble de México

Asesor del tema:

Eduardo Rojo y de Regil

Sustentante:

Michael Schnippenkoetter Warnholtz

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi familia.

A mis padres; Elsa y Altfriid, por su cariño y apoyo en todo momento, expresión de su amor incondicional. Este trabajo refleja su enseñanza ejemplar de voluntad y perseverancia para vencer los obstáculos que se les presentan y alcanzar sus metas en la vida.

A mis hermanos: Sebastian, Annette, Bernadette, Sabine, Stephan, Bettina y Sophía. Todos y cada uno de ustedes merece mi admiración y mi agradecimiento por lo que son, por lo que me han enseñado y especialmente por la comunión que existe entre nosotros.

A mis tíos, primos, cuñados y sobrinos que fortalecen la familia y la hacen aún más maravillosa.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco atentamente:

Al Ingeniero Eduardo Rojo y de Regil por su apoyo y sus enseñanzas tanto en clase como durante la elaboración de la tesis.

A Yolanda Gómez por su gran aportación en la realización de este trabajo.

A Delia Orejel por su ayuda en obtener información valiosa para este estudio.

A todos mis amigos y familiares que me motivaron a concluir la tesis.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
INTRODUCCION	8
Capítulo	
I. PROCESO DE FABRICACION	
1.1.- Materias primas	13
1.1.1.- Propiedades	14
1.1.2.- Hoja de Información de Seguridad e Higiene	17
1.2.- Descripción del proceso	19
1.3.- Diagrama de flujo	24
II. GENERACION DE POLVO	
2.1.- Clasificaciones	27
2.2.- Propiedades	29
2.3.- Riesgos potenciales	35
2.3.1.- Riesgos a la salud	36
2.3.2.- Riesgos de explosión	41
2.3.3.- Efectos potenciales del material super- absorbente en la salud	45
2.4.- Mecanismos de generación	47
2.5.- Fuentes generadoras	49
2.5.1.- Fuentes primarias	49
2.5.2.- Fuentes secundarias	51
III. EQUIPO DE CONTROL DE POLVOS	
3.1.- Generalidades	53
3.1.1.- Conceptos teóricos	53

3.1.2.- Instrumentos de medición	59
3.1.3.- Medición de la velocidad del aire	62
3.2.- Equipos de separación	63
3.2.1.- Separadores en seco	63
3.2.2.- Separadores en húmedo	75
3.2.3.- Separadores electrostáticos	77
3.3.- Propiedades de los separadores	78
3.4.- Equipos complementarios	82
3.4.1.- Tolvas o capotas de aspiración	84
3.4.2.- Canalizaciones o ductería	85
3.4.3.- Ventiladores	86
3.5.- Equipos de control de polvos en la planta de pañales desechables	88

IV. OPERACION Y MANTENIMIENTO

4.1.- Procedimientos de operación y limpieza	90
4.1.1.- Cambio del costal de material superabsorbente	90
4.1.2.- Limpieza del colector de polvos	92
4.1.3.- Limpieza de derrames	96
4.1.4.- Eliminación de desechos	97
4.2.- Procedimientos de mantenimiento	98
4.2.1.- Sistema de inspecciones periódicas	98
4.2.2.- Sistema de cambios en el equipo	99
4.3.- Equipo de protección personal	99
4.3.1.- Tipos de protección respiratoria	100
4.3.2.- Actividades que requieren el uso del equipo de protección personal	102

V. MUESTREO DE POLVO

5.1.- Generalidades	104
5.1.1.- Técnicas de captación	105
5.1.2.- Métodos de análisis	108
5.1.3.- Tipos de muestreo	110
5.1.4.- Factores de control	111
5.2.- Normatividad	114
5.2.1.- Norma de la STPS	114

5.2.2.- Norma de SEDESOL	117
5.3.- Procedimiento de muestreo	121
5.3.1.- Equipo de muestreo	122
5.3.2.- Preparación previa al muestreo	124
5.3.3.- Muestreo	127
5.3.4.- Tratamiento posterior al muestreo	131
5.3.5.- Interpretación estadística de los resultados	133
VI. CONTROL MEDICO	
6.1.- Historial Clínico	139
6.2.- Prueba de funcionamiento pulmonar	140
6.2.1.- Parámetros de medición	141
6.2.2.- Factor de ajuste	143
6.2.3.- Criterios de validación	143
6.2.4.- Valores normales	144
6.3.- Examen de torax con Rayos X	147
VII. DEFINICION DE RESPONSABILIDADES	
7.1.- Responsabilidades del gerente de planta	150
7.2.- Responsabilidades del gerente de producción	152
7.3.- Responsabilidades del supervisor de producción	153
7.4.- Responsabilidades del gerente de administración de riesgos	155
7.5.- Responsabilidades del médico	157
7.6.- Responsabilidades del líder de equipo	158
7.7.- Responsabilidades del personal de soporte	160
VIII. PROGRAMA DE CAPACITACION	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
APENDICE	173
BIBLIOGRAFIA	191

INTRODUCCION

La contaminación ambiental por polvos repercute negativamente en la calidad del aire que respiramos y en la calidad del agua y de la tierra cuando el polvo sedimenta, especialmente cuando los polvos son tóxicos y/o provocan reacciones químicas que desbalancean el equilibrio ecológico.

En las plantas productoras de pañales desechables, así como en un sinnúmero de industrias se generan cantidades considerables de polvo que representan un riesgo a la salud de los empleados, así como a la seguridad de los procesos y a la calidad de los productos. Esta generación de polvos causada básicamente por la naturaleza de los procesos de fabricación, las materias primas utilizadas y los productos finales, ocasiona una contaminación ambiental que puede extenderse fuera de los límites físicos de la planta en cuestión.

El concepto de industria limpia debe empezar a convertirse en una realidad si es que anhelamos vivir en un ambiente saludable, mejorar el bienestar y conservar los recursos naturales para bien común. Hoy en día, los niveles de polvo están por encima de lo que marcan los lineamientos de exposición ocupacional; existe una diferencia marcada entre lo que debería de ser y la realidad. Debido a que el problema aún está latente, se originó la idea de crear un manual práctico para poder controlar los niveles de polvo generados en una planta de pañales desechables.

En la fabricación de pañales se generan cantidades considerables de polvo que provienen principalmente de dos materias primas que forman el núcleo del pañal y que determinan la efectividad del pañal en la absorción de la materia fecal. Estas materias primas; la pulpa de papel y el material superabsorbente, se combinan en forma de polvo para que se le pueda dar una forma anatómica al núcleo del pañal y para que pueda ejercer la función de absorción. Es decir, por la naturaleza del producto y la función para la cual está diseñado, no existe otra alternativa que procesar esa materia prima en forma de polvo. El equipo para realizar la transformación de la materia prima está

diseñado para minimizar la generación de polvo. Sin embargo es necesario valorar la efectividad del mismo y estudiar de qué manera se puede mejorar para disminuir aún más la generación de polvo. Por otro lado si el diseño del equipo de proceso no fuera suficiente para disminuir la concentración de polvo, será necesario auxiliarse de sistemas adicionales para controlar la concentración de polvo generada. Importante es asegurarse de que la exposición de los empleados al polvo se mantengan debajo de los límites máximos permisibles y garantizar de esta manera su salud.

El programa para el control de polvos se fundamenta en la aplicación de tres medidas independientes y complementarias.

En primera instancia deben aplicarse los controles ingenieriles, es decir, el diseño y la aplicación de tecnología sofisticada que minimice la generación de polvos desde sus fuentes primarias y controle a niveles aceptables la cantidad de polvo que se genera. En otras palabras debemos primero diseñar el equipo de proceso de tal manera que no genere polvo. Si no se pudiere conseguir esa condición ideal deberán de controlarse las fuentes generadoras de polvo con el equipo adecuado para ello.

En segunda instancia se deben aplicar controles administrativos, es decir, procedimientos y regulaciones que determinen el comportamiento y la forma de trabajar para minimizar la generación de polvo por fuentes secundarias y la exposición de los empleados.

Finalmente, si las dos medidas anteriores no fueran suficientes para garantizar la salud de los empleados deberán tomarse adicionalmente medidas de control personal, mediante el uso de equipo de protección personal.

Una parte fundamental del programa consiste en conocer las concentraciones de polvo existentes en la planta. Para ello se requiere realizar muestreos de polvo que determinarán cuantitativamente las concentraciones de polvo a las que están expuestos los empleados. Esta información es de gran utilidad para poder establecer un programa de trabajo enfocado a reducir la exposición de los empleados al polvo. Dicho programa estará basado en la aplicación de los tres tipos de controles mencionados anteriormente, pero con

conocimiento de causa y enfocado a reducir las fuentes primarias de generación de polvo y en consideración de los recursos disponibles para ello. El muestreo de polvo es además un requisito de las reglamentaciones gubernamentales, las cuales exigen el cumplimiento estricto de dichas normas.

Otro factor importante en el programa de control de polvos, es el monitoreo médico que se debe de realizar para cada uno de los empleados. Independientemente de las concentraciones de polvo a las que están expuestos, los empleados deben de presentar periódicamente exámenes para controlar su estado de salud y poder identificar a tiempo algún posible malfuncionamiento fisiológico causado por la exposición al polvo.

Este trabajo integra estos elementos (muestreo, monitoreo y control) en un manual para facilitar la administración del programa de control de polvos en una planta de pañales desechables.

En el CAPITULO I se explica cuáles son las materias primas que durante su procesamiento generan polvo y el proceso de fabricación de los pañales. Para el material superabsorbente, material que se procesa en forma de polvo se anexa una "Hoja de Datos de Seguridad e Higiene" que indica las propiedades, precauciones y medidas adecuadas en caso de algún incidente con esa materia.

El CAPITULO II presenta algunos conceptos, clasificaciones y características de los polvos en términos generales, ya que todos presentan propiedades comunes. Se enfatiza mucho en los riesgos a la salud y de explosión asociados con el manejo de los polvos. Asimismo se explican cuáles son los mecanismos de generación de polvos en una planta de pañales, mismos que se derivan de los procesos físicos a los que son sometidas algunas materias primas. Finalmente se enlistan las fuentes primarias y fuentes secundarias de generación de polvos en una línea de producción, para englobar así el concepto de generación de polvos abarcando desde el concepto mismo hasta la determinación de las fuentes generadoras.

El equipo utilizado comúnmente en la industria para llevar a cabo la separación del polvo ambiental se describe ampliamente en el CAPITULO III.

Se especifican con mucho mayor detalle las características de los colectores o separadores en seco ya que de ellos dispone la planta de pañales. También se describen los equipos complementarios a los separadores para poder hacer llegar el polvo a los separadores desde las fuentes primarias. Al principio del capítulo se hace un breve repaso de los conceptos teóricos que permiten entender mejor el funcionamiento del equipo y al final se menciona el equipo utilizado en la planta de pañales.

Una vez que se ha entendido el proceso, los riesgos que presenta el polvo, las fuentes generadoras de polvo, el funcionamiento del equipo y los conceptos básicos del mismo, se procede en el CAPITULO IV a definir los procedimientos de operación, limpieza y mantenimiento. Estos procedimientos están enfocados al funcionamiento de las convertidoras de pañales. Asimismo se especifica el equipo de protección personal requerido y disponible para todas aquellas actividades donde se manejen polvos. Es importante mantener el equipo en buenas condiciones de trabajo para asegurar su buen funcionamiento, motivo por el cual se incluyen los principios de mantenimiento de dichos equipos.

El CAPITULO V está dedicado al muestreo de polvo. Se mencionan en términos generales las técnicas de muestreo y los factores de control. Posteriormente se explican cuáles son los requerimientos de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y los requerimientos de la Secretaría de Desarrollo Social, con el fin de facilitar el cumplimiento de las mismas. Finalmente se describe paso a paso el procedimiento de muestreo según las necesidades específicas de la planta de pañales y cómo se deben interpretar estadísticamente los resultados.

Los exámenes fisiológicos como parte del monitoreo médico, para controlar la salud de los empleados se explican en el CAPITULO VI. Se divide en el historial clínico, la prueba de funcionamiento pulmonar y el examen de torax con rayos X. Especialmente se analiza la prueba de funcionamiento pulmonar ya que es la que determina en primera instancia alguna anomalía en el sistema respiratorio causada por el polvo en el ambiente.

El programa de control de polvos debe basarse en la participación común de cada uno de los empleados y deben haber responsabilidades claras, principalmente para algunas posiciones, mismas que deben dar la dirección adecuada para garantizar el éxito del programa. En el CAPITULO VII se definen las responsabilidades por posiciones según una organización típica en una planta de manufactura.

Por último, en el CAPITULO VII se habla del programa de capacitación, para que cada uno de los involucrados en el cumplimiento del programa tenga los conocimientos y habilidades necesarias para ejercer su función.

Por lo anterior el objetivo de la presente tesis consiste en realizar un manual para administrar un programa de control de polvos en una planta de pañales desechables. Su orden descrito anteriormente se basa en una secuencia lógica considerando cada uno de los elementos fundamentales para asegurar el éxito del programa. Está también diseñado para utilizarse como material didáctico en los entrenamientos. De esta manera se pretende facilitar el trabajo de todas aquellas personas involucradas en el manejo del programa de control de polvos, cuyo objetivo final es garantizar una operación continua e higiénica, y mantener así la salud de los empleados, para bienestar de la sociedad.

Con la creación de este manual se pretende facilitar el trabajo para administrar el programa de control de polvos en una planta de pañales desechables, garantizando así la integridad física de los empleados y cumpliendo por ende con los reglamentos gubernamentales relacionados con la seguridad e higiene industrial.

CAPITULO I

PROCESO DE FABRICACION

1.1.- Materias primas

Los pañales desechables se producen a partir de una cantidad numerosa de materias primas que a continuación se enlistan:

- Pulpa de papel
- Material superabsorbente
- Surfactante
- Perfume
- Banda elástica
- Tela "Tissue A"
- Tela "Fabric"
- Tela "Tissue B"
- Polietileno
- Cinta de plástico
- Elásticos
- Adhesivos
- Cinta adhesiva de soporte
- Cinta adhesiva desprendible

Dos materias primas conforman el núcleo del pañal, mismo que desempeña la función de absorción de la materia fecal. Estos dos componentes determinan el grado de absorción y constituyen un factor muy importante para el buen desempeño del pañal:

- 1.- Pulpa de papel
- 2.- Material superabsorbente

Para que el núcleo del pañal se conforme en las proporciones y formas adecuadas y además pueda desempeñar en forma óptima la función absorbente, estas dos materias primas deben procesarse en forma de polvo. Posteriormente en la descripción del proceso se explicará con detalle de qué manera se forma el núcleo. Sin embargo, es importante saber en qué estado y forma se manejan estas materias primas y cuáles son sus propiedades, ya que esto constituye un factor determinante en la generación de polvo y en los riesgos asociados debido al manejo de los polvos.

La pulpa de papel se adquiere en forma de rodillos de aproximadamente 1.50 m de diámetro y 50 cm de ancho, con una masa aproximada de 500 kg. La pulpa de papel se tritura en la primera fase del proceso formando el polvo de papel que conforma al núcleo del pañal.

El material superabsorbente es un polímero de poliacrilato de sodio que llega a absorber hasta 800 veces su peso en agua y se adquiere en forma de gránulos muy finos, parecidos a la sal de cocina o azúcar refinada. Se maneja con unos sacos que contienen una masa de aproximadamente 1 tonelada. Este material se alimenta por medio de un equipo dosificador durante la primera fase del proceso y se une posteriormente a la pulpa de papel ya triturada para formar el núcleo del pañal.

1.1.1.- Propiedades

Las TABLAS 1 y 2 muestran las principales propiedades de las materias primas generadoras de polvo previamente mencionadas.

TABLA 1

Propiedades de la pulpa de papel¹

Prop. de los rodillos	Especificación	Límites aceptables
Ancho mm	508 mm	± 3 mm
Diámetro mm	1473 -1524 mm	-----
Prop. de la laminilla	Especificación	Límites aceptables
Densidad g/cc	0.5 a 0.6 g/cc	± 5%
Porcentaje de humedad	6,0 %	± 1.5%
Suciedad ppm	mínimo posible	< 15 ppm
Prop. del polvo	Especificación	Límites aceptables
Longitud de la fibra μ	máxima posible	> 2100 μ
Porcentaje de finos	mínimo posible	< 7.0 %

¹ comp. de proveedores. Para la pulpa de papel se anexa una "Hoja de Datos de Seguridad e Higiene", ya que no se considera un químico que represente un riesgo a la salud en la forma que se maneja como materia prima.

TABLA 2

Propiedades del material superabsorbente²

Prop. físicas / químicas	Especificación	Límites aceptables
Color, apariencia	gránulos blancos	libre de mugre y material extraño
Análisis Infrarrojo	iguala el estándar	a determinarse
Distribución de los tamaños (prueba de tamis)		
30 agujeros / pulg. cuad.	10 %	< 20 %
50 agujeros / pulg. cuad.	60 %	> 35 %
100 agujeros / pulg. cuad.	30 %	< 60 %
170 agujeros / pulg. cuad.	5 %	< 10 %
325 agujeros / pulg. cuad.	> 5 %	< 20 %
Contenido de humedad	3.2 %	1.5 % - 4.5 %
pH	6.1	5.5 - 6.5
Densidad aparente	0.65 g/ml	0.55 - 0.75 g/ml
Monómeros residuales	mínimo posible	< 500 ppm
Metales pesados	mínimo posible	< 20 ppm
Olor	iguala el estándar	sin mal olor

² comp. de proveedores. Se anexa la "Hoja de Datos de Seguridad e Higiene", en el formato normalmente utilizado, que indica algunas propiedades críticas del material, los efectos que tiene en la salud y las medidas que se deben tomar si ocurriese algún incidente durante su manejo. Siempre que se utilicen sustancias químicas deberán de tenerse a la mano las "Hojas de Datos de Seguridad e Higiene" para conocer todas las implicaciones en el manejo de esas sustancias.

1.1.2.- Hoja de Datos de Seguridad e Higiene³

NOMBRE: Poliacrilato de Sodio, Enlazado en Cruz

CALIFICACION DEL PELIGRO:

Salud: 2
Inflamabilidad: 1
Reactividad: 04- Peligro Extremo
3 - Alto Peligro
2 - Peligro Moderado
1 - Peligro Ligero
0 - No Representa un Peligro Significativo

Artículo No. 2041

CAS # 9003-03-7

EDITADO: 5/86

REVISADO: 2/91

NORMA DE LA OSHA: Ninguna
(TLV): Ninguno

Valor Límite de Umbral

Lineamiento de P & G: 0.08 µg/m³ respirable como superabsorbente

SINONIMOS: Superabsorbente, Agente Superabsorbente Polímero (PGA), Superabsorbente Polímero (SAP), Aqualic CA, Drytech (DOW), Sabor SAB/Nalco (Stockhausen)

FORMULA O COMPOSICION QUIMICA (Incluya impurezas si se conocen)

Acrilato de Sodio/Acido Polímero Enlazado en cruz

Peso Molecular: Desconocido

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

PUNTO DE EBULLICION: No Aplica

PUNTO DE FUSION: NO Aplica

DENSIDAD DE VAPOR: (AIRE = 1) No Aplica

PRESION DE VAPOR: No. Aplica

Gravedad Específica: 0.55 - 0.82

ESTADO FISICO: Sólido, Granulado

COLOR: Blanco

7 ph en CONCENTRACIONES DE 1%

OLOR-DESCRIPCION: Ninguno

UMBRAL: No Definido

FUEGO/EXPLOSION

PUNTO DE INFLAMACION

6 METODO: No Aplica

LIMITES DE EXPLOSIVIDAD

% VOL. EN AIRE: No Aplica

TEMPERATURA DE

AUTOIGNICION: No Aplica

Los Superabsorbentes son considerados menos combustibles que la celulosa (Temperatura de Ignición = 260° C), sin embargo el polvo normalmente se encuentra presente como mezcla de Superabsorbente y celulosa. La mezcla debe ser considerada un polvo combustible. Clase de Explosión - SST. I

Extinción de Incendios: Usar aspersión de agua, químico seco, CO₂ o el medio de extinción de espuma de "alcohol".

³ ibid. Se presenta en el formato usualmente utilizado.

REACTIVIDAD

Material no reactivo; absorberá soluciones acuosas y formará un gel resbaloso que puede ser difícil de retirar de las superficies.

RUTA DE EXPOSICION**CLASIFICACION DE PROPIEDADES TOXICAS**

OJOS - Puede no ocasionar respuesta o no más que un dolor o irritación ligeros. Puede dañar los lentes de contacto blandos debido a un efecto secante no específico.

PIEL - Las exposiciones prolongadas individuales (horas) no causan efectos. Las exposiciones prolongadas repetidas pueden o no ocasionar irritaciones leves.

INHALACION - Las exposiciones pueden ocasionar una irritación leve en las vías respiratorias. Las exposiciones pueden ocasionar resequead de nariz y garganta. En experimentos en animales, las exposiciones 4 veces mayores a las del lineamiento de polvo respirable produjeron respuestas inflamatorias en los tejidos pulmonares. Estos efectos son similares a los producidos por partículas molestas, pero a un nivel menor de polvo. Los niveles de exposición 200 veces mayores que el lineamiento de polvo respirable produjeron numerosos efectos respiratorios relacionados con la eliminación incompleta de la partícula. Estos resultados son comparables con aquéllos observados en niveles de exposición altos a polvos molestos. No se observaron efectos fuera del pulmón.

INGESTION - No es probable que se ocasionen daños con las cantidades que pudieran ser ingeridas como resultado de su manejo industrial.

CONTROLES Y PRECAUCIONES

CONTACTO CON LOS OJOS - Use goggles químicos si se usan lentes de contacto blandos, o en las áreas en las que pudieran estar presentes altos niveles de polvo.

CONTACTO CON LA PIEL - Evite el contacto innecesario con la piel. Use trajes desechables tipo Tyvek, y guantes de algodón o piel para las operaciones polvosas (cambios de bolsas de filtros). Las circunstancias pueden dictar el uso de otros artículos específicos.

INHALACION - Cualquier exposición a concentraciones que excedan el lineamiento pueden requerir el uso de un respiradorpurificador de aire con filtros de alta eficiencia, aprobado por el NIOSH/MSHA para partículas. Puede ser necesario el uso de respiradores con suministro de aire o respiradores purificadores de aire energizados con filtros de alta eficiencia para operaciones polvosas, como las limpiezas de los alojamientos de bolsas de filtros.

INGESTION - No se requieren procedimientos no usuales. Será suficiente una buena higiene personal.

TRATAMIENTO DE EMERGENCIA Y DIRECCION MEDICA

Contacto con ojos: Lave con agua durante 15 minutos y acuda al Departamento Médico.
Contacto con la piel: Lave el área afectada con agua. Si se tiene presente irritación y persiste, acuda al departamento Médico.

ALMACENAMIENTO

Proteja de la humedad. Almacene en un área fresca, seca y bien ventilada.

ETIQUETA: "Puede ocasionar irritación en las vías respiratorias".

DESECHO DE DERRAMES, FUGAS

Reúna y coloque en un recipiente adecuado, usando aspiradoras con filtros de alta eficiencia para partículas. No use agua para limpiar, ni lave hacia el drenaje.

Desecho: Deseche de acuerdo a todos los reglamentos federales, estatales y locales. las cantidades grandes desechadas en rellenos sanitarios deberán ser distribuidas en una extensión grande.

PRECAUCIONES ESPECIALES Y COMENTARIOS

REGADERAS DE SEGURIDAD /LAVAOJOS: No se requieren.

INGENIERIA: El proceso debe ser encerrado y se debe usar ventilación local para mantener las exposiciones abajo del lineamiento de la Compañía.

SISTEMAS PELIGROSOS: No Aplica

NOTA: Esta información no aplica necesariamente a las mezclas o productos que contengan este material. Esta información se proporciona de buena fe, sin embargo, aunque se cree es correcta, no se garantiza.

1.2.- Descripción del proceso de producción

El proceso de producción de los pañales desechables inicia cuando se colocan los dos rollos de pulpa de papel en los ejes soporte al inicio de la convertidora. La pulpa de papel pasa por unos rodillos de tracción que lo guían y le dan una tensión adecuada para entrar al cuarto del molino. En el molino, por medio de los martillos del rotor, la pulpa de papel es triturada transformándose en polvo de papel.

Después de esto, el polvo de papel pasa por unos ductos, donde es mezclado con el material superabsorbente. El tambor formador por medio de vacío, succiona los polvos de papel y del material superabsorbente de los ductos y los coloca en los moldes para formar el núcleo del pañal.

En la periferia del tambor formador se encuentra el rodillo cepillador, que elimina el exceso de polvo en el núcleo. El exceso que se removió se

recicla y se coloca nuevamente en los moldes. Después del rodillo cepillador se encuentra la zona de transferencia. En esta zona el núcleo del pañal pasa del tambor formador al tambor de transferencia de la siguiente manera: el tambor formador suspende el vacío en esta zona, mientras que al mismo tiempo el tambor de transferencia aplica vacío. Es así como se logra que el núcleo pase de un tambor a otro. Del tambor de transferencia, el núcleo pasa a una banda transportadora, en la cual se realiza la primera compresión. Después de la primera compresión esta banda lo lleva fuera del cuarto del molino.

Fuera del cuarto del molino se encuentra la unidad de perfume, la cual por medio de una pistola aplicará el perfume al núcleo.

En la parte superior de la máquina existen dos rollos⁴ de tela de "Tissue A", de los cuales uno es de reserva mientras otro alimenta a la máquina. Existe una desembobinadora de superficie que cuenta con rodillos y un rodillo variador de tensión, que conducen a la tela "Tissue A" a través de una unidad que le da al material la alineación necesaria para el proceso. De aquí la tela "Tissue A" se dirige a una sección donde se le aplicará el adhesivo suficiente para que se adhiera al núcleo por su parte superior.

Ya adheridos, se conducen a una unidad que comprime nuevamente el núcleo, reduciendo su volumen y proporcionando una mejor adherencia de la tela "Tissue A" al núcleo del pañal. De aquí pasan a una cuchilla donde se efectuará el primer corte; dividiendo al núcleo con la tela "Tissue A" que vienen en forma hilada en unidades separadas. Después del corte del hilado, el núcleo es recibido por unas bandas con mayor velocidad que las anteriores para causar esa separación entre los núcleos.

En la parte inferior de la convertidora se encuentran el polietileno y la cinta de plástico. El polietileno es desenrollado, tensado y conducido por medio de una desembobinadora, un rodillo variador de tensión y rodillos en "S", hacia un punto donde se va a adherir la cinta de plástico para darle mayor

⁴ La materia prima que viene en forma de rollos se alimenta colocándolos uno mientras el otro se está consumiendo. En el momento que se termine el rollo que se está consumiendo se efectúa el empalme con el rollo de reserva y se procede a colocar otro rollo de reserva.

resistencia al polietileno. Por su parte la cinta de plástico es conducida por medio de unos rodillos hacia otro rodillo con cuchilla donde se efectúa el corte de la cinta de plástico; un segundo rodillo la succiona por medio de vacío; éste a su vez la coloca sobre el polietileno que es presionado por una leva que se encuentra en la parte inferior para adherir la cinta de plástico al polietileno. Este conjunto es llevado a una zona en donde se encuentran colocados unos rodillos a 45 grados para que se invierta la colocación de la cinta de plástico, después es llevado a una unidad de alineación y centrado. Posteriormente se pasa a unas pistolas que aplicarán adhesivo al polietileno para los siguientes procesos.

Como una parte independiente de la máquina se tienen las unidades que alimentarán los elásticos al proceso.

La tela "Tissue B" se encuentra en la parte superior de la máquina en dos rollos; uno de ellos es desenrollado y tensado por medio de una desembobinadora y un rodillo variador de tensión; y es dirigido hacia una cuchilla que le hace un corte longitudinal por la mitad. Una alimentación de elásticos (uno por cada tira de tela "Tissue B") son adheridos a la tela "Tissue B" por medio de una aplicación intermitente de adhesivo con el fin de evitar la adhesión a todo lo largo de la tela "Tissue B"; casi simultáneamente se le hace un doblez para que cubra los elásticos.

Todo este conjunto es conducido hacia la unidad de sellado. A la entrada de la unidad de sellado se encuentran dos unidades de alineación y centrado para alinear las tiras del "Tissue B" y entran a la unidad de dos rodillos. En esta unidad se efectúa el sellado que sirve para formar la bolsas de la barreras laterales. Este sellado se efectúa mediante calor y presión y es intermitente, o sea, que no se efectúa a lo largo de todo el pañal sino en algunos puntos únicamente. La tela "Fabric" es conducida hacia la unidad de tres rodillos de la unidad de sellado mediante un sistema de alimentación similar al de la tela "Tissue B", donde será unido a la tela "Tissue B" por medio de sellado a presión. En la unidad de tres rodillos de la unidad de sellado se realizan dos sellados, el sellado a la altura correspondiente de la cintura en el pañal y el sellado en las orillas del pañal.

De esta sección el material se dirige hacia la sección de aplicación de los elásticos de las orillas del pañal, aquellas que le dan la forma anatómica al mismo.

Otra alimentación de elásticos (tres por cada lado) son conducidas hacia la tela "Tissue B" que contiene una aplicación de adhesivo intermitente. Estos elásticos son adheridos entre la tela "Tissue B" y el polietileno para formar la orilla anatómica del pañal.

Todo esto es llevado a la unidad de la banda elástica donde se unirán la mayoría de las materias primas.

Mientras tanto, la banda elástica es colocada sobre la máquina en dos rollos. Es tensada y conducida hacia un rodillo de corte. En el rodillo de corte es seccionada y absorbida por un rodillo de vacío. Por medio de los brazos de transferencia el pedazo de la banda elástica es tomado del rodillo de vacío y colocado sobre la tela "Fabric", que ya trae pegamento para que la banda elástica se adhiera.

Al conjunto del núcleo y tela "Tissue A" que es transportado por las bandas de vacío se adhiere por su parte inferior el conjunto polietileno-cinta de plástico mediante la aplicación de adhesivo al polietileno; y por su parte superior se adhiere el conjunto tela "Tissue B"- elásticos - tela "Fabric" - banda elástica. En esta sección prácticamente tenemos formado el pañal.

El conjunto ya formado es conducido a la unidad de aplicación de cintas adhesivas. Las cintas adhesivas pasan por una unidad donde son desenrolladas, laminadas y cortadas para que sean adheridas al polietileno y a la tela "Tissue B" de la siguiente forma: la cinta adhesiva de soporte se adhiere al polietileno, por medio de presión de levas y la cinta adhesiva desprendible se adhiere a la tela "Tissue B" mediante un dobléz de éste, hacia el interior del pañal, este dobléz se realiza por medio de unas guías.

De estas guías el pañal se conduce a la unidad del corte anatómico. Después pasa a un dobléz en "C", y posteriormente, a los rodillos compresores. De ahí pasa a un corte final que lo separa en unidades de pañal.

(hasta este momento los pañales venían en forma hilada); después pasan a unas bandas de arrastre que presionarán al pañal para que se siga estirado. Al finalizar estas bandas, se encuentra una unidad de rechazo que nos sirve para expulsar unidades de pañal defectuosas; este rechazo es manual o automático.

Después del rechazo se encuentra la unidad dobladora; en esta unidad se realizan los dobleces para el embolsado del pañal, y por último se pasa al acumulador. En el acumulador los pañales son apilados en unos dedos para que pasen a una sección donde serán compactados por un pistón; e inmediatamente un brazo los coloca en las boquillas de embolsado; esta colocación es alternante: primero en una boquilla y después en la otra.

En las boquillas se coloca la bolsa que contendrá los pañales. Después del embolsado, las bolsas son colocadas en una banda transportadora para que sean conducidas a la selladora automática.

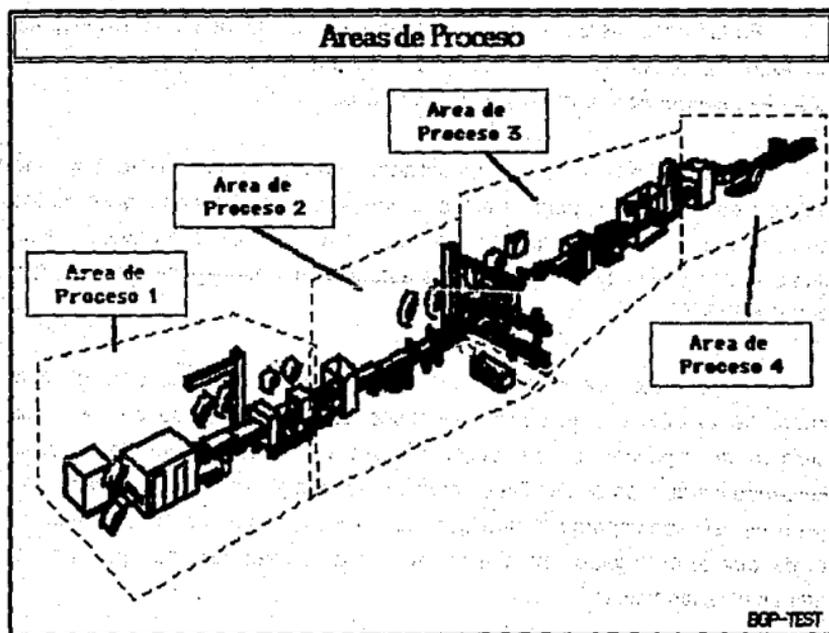
Una vez que la bolsa ha sido sellada, se pasa por una unidad detectora de metales, la cual nos permite actuar a tiempo para rechazar aquellas bolsas que contengan residuos metálicos y que puedan dañar al bebé; ya que, al pasar una bolsa con metal por la unidad, ésta automáticamente detiene la banda que la transporta.

Del detector de metales, las bolsas pasan al codificador, el cual imprimirá el código a la bolsa. Después del codificador se encuentra la sección de empaçado, en la cual son colocadas las bolsas dentro de las cajas cuidando de que las bolsas lleven el sello y el código en buenas condiciones; si no es así son separadas para que sean reembolsadas. Además de esto se cuida que el corrugado venga en buenas condiciones para que puedan ser empaçadas las bolsas.

De aquí las cajas pasan a una banda donde se les imprime un código, para posteriormente ser pasadas por la encintadora. Ya selladas las cajas son colocadas en una tarima para ser llevadas al área de producto terminado de bodega.

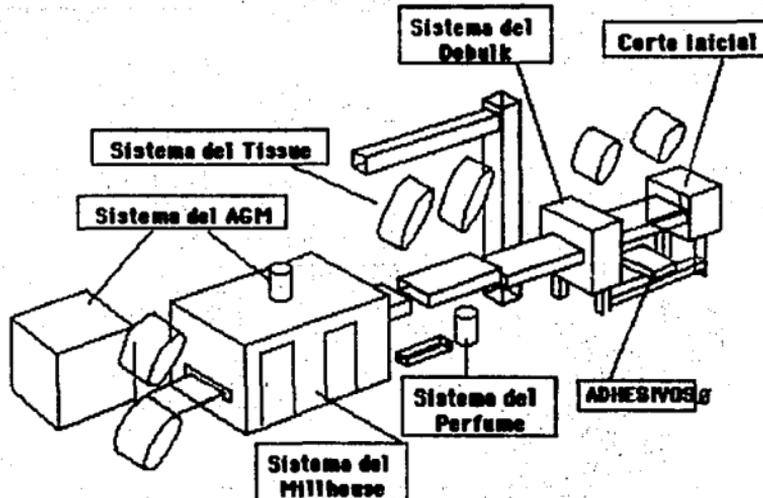
1.3.- Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de proceso presenta el flujo de la materia prima para obtener el producto final. Para tener un mejor entendimiento, se anexan además unos diagramas un poco más detallados de las diferentes áreas del proceso donde pueden identificarse las unidades mencionadas en el diagrama de bloques.

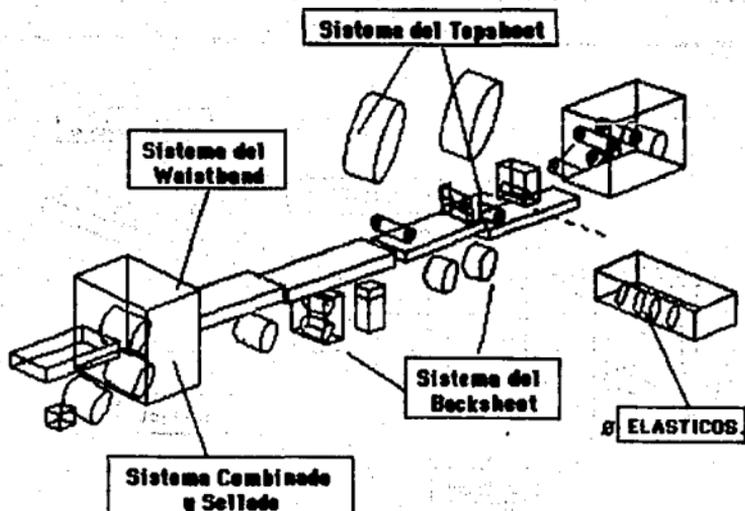
DIAGRAMA⁵ 1

DIAGRAMAS⁶ 2 Y 3

Area de Proceso 1



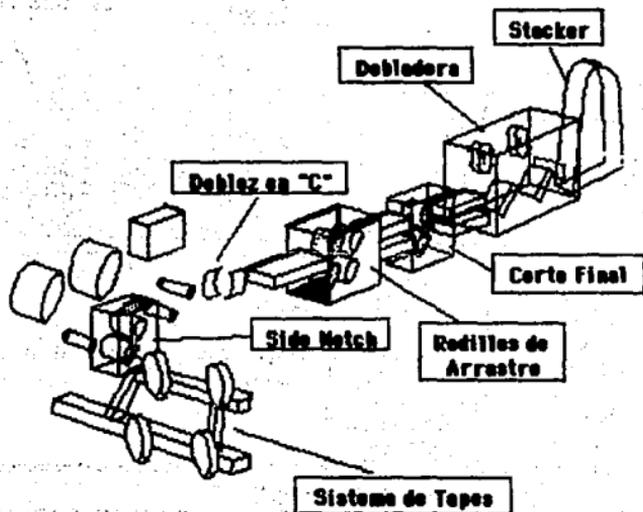
Area de Proceso 2



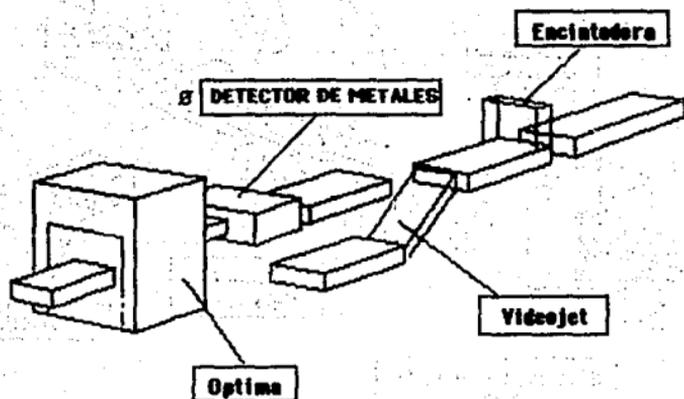
1206-SV-1.1

DIAGRAMAS 4 Y 5

Area de Proceso 3



Area de Proceso 4



CAPITULO II

GENERACION DE POLVO

El polvo es el conjunto de partículas sólidas muy finas, que por su tamaño pueden procesarse y manipularse en formas muy variadas. El polvo por definición del diccionario es cualquier el conjunto de partículas sólidas que flotan en el aire y se posan sobre los objetos, materia molida en granos muy pequeños. El polvo impalpable, es un polvo finísimo cuyos granos no excitan el sentido del tacto al ser palpados con los dedos. En las grandes urbes y en los centros industriales, el polvo atmosférico o ambiental (mezcla de componentes sólidos suspendidos en el aire) contiene sustancias dañinas.

2.1.- Clasificaciones

Los polvos se clasifican¹ en forma genérica en:

- Orgánicos
- Inorgánicos

Polvos Orgánicos:

Los polvos orgánicos se dividen a su vez en polvos naturales y sintéticos.

¹ García Ortega, Rosa Lidia. 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

- a) **Naturales:** Son los polvos provenientes de maderas, algodón, el pólen, las plumas, las bacterias y los hongos.
- b) **Sintéticos:** Son los polvos provenientes de productos sintéticos orgánicos derivados del petróleo como los plásticos, polímeros y un sinúmero de productos con enlaces de carbono.

Polvos Inorgánicos:

Los polvos inorgánicos se dividen a su vez en Silíceos y No Silíceos.

- a) **Silíceos:** Incluyen polvos de sílice y materiales que contengan sílice libre y que causan fibrosis pulmonar. La sílice se puede encontrar en forma de cuarzo, ópalo, pedernal, calcedonia, asbesto, talco y otras formas menos comunes.
- b) **No Silíceos:** Son compuestos metálicos y diversas sustancias inorgánicas. Entre los polvos más comunes de este grupo se encuentran el carbón, el hierro, arsénico y sus compuestos.

Los polvos también se pueden clasificar en función del tamaño de las partículas suspendidas en el aire y la captación de las mismas en los pulmones. El polvo se clasifica así en:

- Respirable
- Total

Polvo Respirable

El polvo respirable se conforma de aquellas partículas suspendidas en el aire menores a 8 micrones. Corresponden a las partículas que penetran a través de los primeros órganos del sistema respiratorio y se capturan en los

pulmones afectándolos en diversas formas dependiendo de las propiedades químicas y fisicoquímicas del polvo.

Polvo Total

El polvo total corresponde al total de partículas suspendidas en el aire incluyendo el polvo respirable. Finalmente el empleado está expuesto al polvo total pudiendo causar diferentes afecciones dependiendo nuevamente de las propiedades químicas y fisicoquímicas del polvo.

Es importante la clasificación en función del tamaño de las partículas ya que de ella dependen en gran medida la magnitud de los riesgos potenciales asociados con la salud y explosiones y representan una variable significativa en el proceso de muestreo para la elección de la instrumentación, los métodos de análisis y la interpretación de los resultados.

2.2.- Propiedades de los polvos²

Tamaño de las partículas

Los polvos se componen de una gama muy grande de tamaños de partículas en suspensión que pueden variar desde 2000 micrones^a (μ) hasta fracciones de micrón. Para una mejor idea del orden de magnitud se muestra la TABLA 3.

² García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

^a 1 metro (m) = 1000 milímetros (mm) = 1×10^6 micrones (μ)

TABLA 3

Ordenes de magnitud³

Concepto		Orden de magnitud
Ancho de una hoja de papel	=	100 μ
Límite de la visibilidad humana	=	> 10 μ
Humos	=	< 1 μ
Humo de tabaco	=	0.3 μ

El polvo que se genera en las plantas productoras de pañales desechables se conforma de polvos orgánicos naturales y sintéticos; polvo de papel y del material superabsorbente (MSA) respectivamente, cuyos tamaños de partículas se presentan en la TABLA 4.

TABLA 4

Tamaños de partículas de los polvos⁴

Materia prima	Parámetro		Tamaño
Fibra de papel:	longitud	=	500 μ a 5000 μ
	diámetro	=	10 μ a 30 μ
Polvo de papel:	longitud	=	1 μ a 500 μ
	diámetro	=	1 μ a 30 μ
Polvo de MSA:		=	1 μ a 900 μ

³ ms.⁴ comp. de proveedores.

Superficie específica

Otra característica del polvo es la gran cantidad de superficie por unidad de volumen. Según decrece el tamaño de las partículas esféricas, la superficie por unidad de volumen, Sv, aumenta. Se obtiene con la ecuación: $S_v = 6/d$, donde la superficie varía en razón inversa al diámetro. En términos generales, la ecuación respecto a las partículas irregulares es:

$$S_w = S/V \propto 1/d$$

Se entiende por superficie específica, la superficie por centímetros cúbicos de polvo. Para conocer la superficie específica por gramo se divide ésta entre la densidad verdadera del polvo.

El aumento de la superficie específica al disminuir el tamaño del polvo, tiene una relación importante con su actividad física y química. La importancia de reducir el tamaño reside en el hecho de que todas las partículas tienden a absorber gases, y el grado de absorción depende de la superficie. Algunas partículas pequeñas forman buenos núcleos de condensación que cooperan en la formación de nieblas y neblinas. El aumento de velocidad de oxidación y solución que se opera con la disminución de tamaño su puede atribuir en parte a la gran superficie específica, origina explosiones de polvo en la mayoría de los materiales de naturaleza combustibles y en ciertos metales que se oxidan con facilidad, como el magnesio y el zinc.

Propiedades eléctricas

Por lo general, aunque no siempre, el polvo de la atmósfera tiene carga positiva. Esto se refiere a los polvos no metálicos que de ordinario se hallan en el aire; en cambio, el polvo metálico está cargado con electricidad negativa.

Es bastante notable el efecto que produce la humedad de la atmósfera en las partículas cargadas. El rayo no es otra cosa más que la descarga eléctrica entre partículas con cargas opuestas. Cuando la humedad del aire es de más de 65%, a menudo es insignificante la carga neta; pero no siempre sucede esto.

Propiedades ópticas

Las partículas de polvo difunden la luz y reducen su intensidad. La fórmula de Beer-Lambert sirve para calcular el efecto que produce el polvo en la intensidad de la luz. La ley que relaciona lo anteriormente mencionado es:

$$I = I_0 \times \exp(-n \times \pi \times d^2 \times l / 4)$$

donde:

- I = intensidad de la luz en el punto de observación,
- I_0 = intensidad del foco, la luz en línea directa de visión,
- n = número de partículas por unidad de volumen,
- d = diámetro medio de cada partícula,
- l = distancia entre el foco de luz y el punto de observación.

Además de la reducción en la potencia de la luz transmitida, las partículas de polvo ocasionan polarización.

Propiedades sónicas

Es interesante el efecto que produce un campo sónico intenso sobre las partículas de polvo, pues suministra un método para colectar muchas clases de suspensiones finas que antes ocasionaban grandes dificultades. La frecuencia efectiva mínima es aproximadamente de 4000 Hertz / seg., y se requiere cosa de 7000 Hertz / seg., para el humo de tabaco. Cuando las partículas se someten a

frecuencias entre estos límites en una columna resonante cerrada, floculan en los nodos y se asientan fácilmente.

Peso de la partícula

El peso de la partícula se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$p = V_p \times d_p \times g$$

donde:

V_p = Volumen de la partícula

d_p = Densidad de la partícula

g = Aceleración de la gravedad

No solamente es importante determinar el tamaño de las partículas, sino también el peso de éstas para un mismo tamaño, ya que, los polvos en general consisten de corpúsculos de muy diversas dimensiones. Al diseñarse un equipo colector, debe tenerse muy presente la cantidad y el tamaño de los polvos a colectarse, lo que permite tener el tamaño promedio de partícula y la eficiencia requerida.

Sedimentación de las partículas

Según la ley de Stokes, la velocidad de sedimentación de una partícula esférica, cuando la velocidad media, V_m , es constante, es:

$$V_m = \frac{d_p^2 \times (p - p_a) \times g}{18\eta}$$

donde:

d_p = Diámetro de la partícula,

g = Aceleración de la gravedad,

p = Densidad de la partícula,

p_0 = Densidad del aire,

n = Viscosidad del aire.

Se toma $n = 180 \times 10$ poises como un valor típico del aire a la temperatura ordinaria, y considerando de que p_0 es pequeña en comparación con p , entonces con respecto a una partícula de densidad uniforme tenemos que:

$$V_m = 3 \times 10^5 d^2$$

Si se mide d en micra y se representa como d_0 , la expresión anterior se transforma en:

$$V_m = 3 \times 10^{-3} d_0^2$$

Suponiendo que d represente el diámetro de una partícula que tenga el volumen de una esfera equivalente al mismo diámetro, entonces se puede calcular la velocidad de asentamiento de las partículas de diferentes diámetros. Las velocidades de asentamiento de las partículas en función de su diámetro, pueden estudiarse en la TABLA 5.

TABLA 5

Velocidad de asentamiento⁵

Díámetro (μ)	Vel. de asentamiento (cm/seg)
0.1	3×10^{-5}
1.0	3×10^{-3}
10.0	3×10^{-1}
100.0	30

2.3.- Riesgos Potenciales

Los polvos ambientales representan riesgos potenciales a la salud y al medio ambiente. Las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas del polvo y los factores de exposición determinan el grado de riesgo y en función de ellos se deben tomar las medidas preventivas y de control necesarias.

Las propiedades críticas son:

- La composición química del polvo
- La distribución de tamaños de las partículas
- La composición de la mezcla en el aire (conc.de polvo y conc. de O₂).
- El tiempo de exposición.

⁵ García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

En este trabajo se analizan 2 tipos de riesgos asociados con las propiedades descritas anteriormente

- Riesgos a la salud
- Riesgos de explosión

2.3.1.- Riesgos a la salud⁶

Composición química.

Los efectos en la salud por la exposición al polvo dependen en gran medida de la composición química del polvo. El ser humano por su naturaleza vive rodeado de aire y cualquier sustancia ya sea gaseosa, líquida o sólida (como es el caso de los polvos) que se mezcle con el aire atenta contra su salud.

El polvo puede afectar en menor o mayor proporción cualquier parte del cuerpo que esté expuesta al mismo dependiendo de su composición química. Sin duda el sistema respiratorio y en particular los pulmones resultan más afectados por la exposición al polvo ambiental. Se comprende fácilmente que los pulmones resultan más afectados si se recuerda que la superficie epitelial de dichos órganos es de unos 70 metros cuadrados de los cuales quizás 55 metros cuadrados participan en el intercambio de gases entre el aire pulmonar y los gases que circulan en la sangre.

Adicional a la clasificación genérica descrita anteriormente, existe una clasificación química basada en los efectos fisiopatológicos que pueden causar los polvos.

⁶ López Cillero, J. A. 1970. Normas de prevención y seguridad en las industrias polvosas. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

a) Polvos que producen intoxicaciones sistémicas.

Este grupo comprende los polvos de ciertos metales, como el plomo, el arsénico, el manganeso, cromatos, antimonio, selenio, uranio, vanadio, etc. Las partículas grandes de un polvo tóxico pueden ser más dañinas que las partículas grandes de sílice pues en algunos casos la sustancia es absorbida por las membranas de las vías respiratorias superiores. El plomo es quizá el ejemplo clásico de un polvo o vapor que origina intoxicación general.

Algunas sustancias químicas irritan la piel y ocasionan quemaduras. Pueden irritar el tejido conjuntivo y producir el lagrimeo y conjuntivitis o bien inflamación de la mucosa nasal, que llega hasta ulcerar el tabique o irritar las vías respiratorias lo bastante para ocasionar tos, bronquitis y neumonitis.

Hay una cantidad innumerable de polvos que ocasionan asma y reacciones febriles (algodón, polen, madera, harina, etc.) La inhalación de estos polvos, cuando la persona es alérgica, produce lagrimeo, asma, dermatitis, etc. Estas manifestaciones suelen ser consecutivas a la sensibilización del individuo. Los síntomas se presentan generalmente después de un tiempo de exposición al riesgo.

b). Polvos que pueden causar fibrosis pulmonar (Neumoconiosis).

En general, la enfermedad consiste en el desarrollo de tejido fibroso, que se encuentra en la sustancia esponjosa del pulmón, reduciendo su elasticidad y disminuyendo la superficie de absorción de oxígeno que penetra en la sangre. La naturaleza progresiva de la enfermedad es su característica más importante, agravada por cualquier infección, especialmente la tuberculosis, con la que la enfermedad se encuentra frecuentemente asociada.

El endurecimiento del tejido pulmonar y la formación de puntos llamados nódulos es un proceso que avanza puesto que no pueden ser disueltas estas formas nocivas.

Los polvos que causan las principales Neumoconiosis son: la sílice, el carbón, las sales de calcio, el polvo de algodón, y el del bagazo de caña de azúcar. Muchas sustancias químicas producen efectos de Neumoconiosis y de tóxicos, pudiendo algunas causar el cáncer.

La Bisinosis es una afección de las vías respiratorias que se presenta después de muchos años de inhalar polvo de algodón. Los síntomas principales son escalofríos, calentura, fatiga y algunas veces náuseas, que se presentan pocas horas después de la inhalación. La duración de los síntomas es poca y cesan pasadas veinticuatro horas. La fatiga puede persistir por dos o tres días. En los primeros períodos del padecimiento se suelen presentar los síntomas el lunes o después que los trabajadores permanecen alejados del trabajo por unos días y de ahí la designación vulgar de "fiebre de los lunes". Si en este período el trabajador se aleja del lugar polvoso, generalmente cura del mal.

La Silicosis es una variedad de neumoconiosis y es la principal enfermedad de este grupo. La Silicosis simple es una enfermedad crónica de los pulmones, ocasionada por invasiones masivas del tejido pulmonar por sílice (SiO_2). Se caracteriza por la formación de tejido fibroso que, puede observarse por medio de radiografías, viéndose nódulos dispersos en todo el tejido pulmonar. Una vez que son visibles los nódulos en la radiografía, ya no es posible la regresión. Su mayor importancia radica en que los sujetos silicosos están más propensos a la tuberculosis y elisema pulmonar que las personas que no padecen esta clase de neumoconiosis.

La Asbestosis es otro tipo de neumoconiosis, producida por la inhalación prolongada de polvo de asbesto, que ocasiona una fibrosis pulmonar diferente a la producida por la sílice y que también puede determinarse mediante el estudio radiográfico. La enfermedad va acompañada de cáncer de pulmón en el 16% de los casos.

El polvo de carbón produce un tipo especial de lesión pulmonar, la Antracosis. Corresponde a la infiltración del parénquima pulmonar por partículas de carbón, procedentes de la atmósfera y que llegan hasta el pulmón con el aire inspirado.

La inhalación de polvo es la causa principal de las incapacidades por exposición al mismo. La afección pulmonar ocasiona una paulatina disminución de la capacidad de trabajo, variando desde una pequeña dificultad respiratoria inicial hasta una aguda atrofia de los órganos respiratorios.

Distribución de los tamaños de las partículas

La distribución de los tamaños de las partículas determina la retención del polvo dentro de los órganos del sistema respiratorio. Las partículas más grandes son filtradas fácilmente por la nariz, lo cual se favorece por la configuración irregular de ésta, se adhiere a la cubierta mucosa de la faringe, de la tráquea y de los bronquios grandes y de allí, son retenidas, provocando irritación respiratoria alta, o son deglutidas (de manera conciente o inconciente), causando irritación gastrointestinal, o son expulsadas o expelidas con la expectoración al toser.

Hay que considerar que, si se inhala aproximadamente medio litro a un litro de aire (en condiciones normales de trabajo), de doce a veinte veces por minuto, o sea más o menos veinte metros cúbicos por día, con ellos ingresa una gran cantidad de material finamente dividido, que llega hasta los alvéolos, en cantidad considerable. Conviene indicar que las partículas susceptibles de llegar a los alvéolos pulmonares según recientes investigaciones, son las de diámetros inferiores a 8 micras. Por debajo de 0.1 micras solamente una parte queda retenida en los pulmones, siendo el resto expulsado con el aire expirado.

Composición de la mezcla.

La composición de la mezcla, o sea la concentración del polvo suspendido en el aire determina la cantidad de polvo que se inhala y consecuentemente el efecto que tiene en los órganos del sistema respiratorio.

Entre mayor sea la concentración de polvo mayor el daño que ocasiona. Puede haber un grado de concentración de polvo en suspensión en el aire por debajo del cual se puede considerar que la presencia de ese polvo no afecta el funcionamiento del sistema respiratorio. Por eso se han establecido umbrales para los diferentes tipos de polvos dependiendo de la toxicidad de las sustancias, así como se muestra en el APENDICE A.

Los umbrales de confianza para la pulpa de papel y material superabsorbente son:

Pulpa de papel	10	mg/m ³
Material superabsorbente	0.008	mg/m ³

Tiempo de exposición

El tiempo de exposición está directamente relacionado con la concentración del polvo y asimismo con el efecto en la salud. Entre mayor el tiempo de exposición, mayor el daño que ocasiona. La concentración del polvo y el tiempo de exposición al mismo determinan la cantidad de polvo que se inhala.

El máximo tiempo de exposición a un polvo está determinado en función al umbral establecido para cada sustancia. En otras palabras, mientras la concentración del polvo sea igual o menor a los umbrales establecidos, el trabajador podrá laborar sin problema alguno en un turno normal de 8 horas. En el momento que la concentración exceda el umbral establecido se tendrá que reducir el tiempo de exposición en función de la concentración o utilizar el equipo de protección necesario.

2.3.2.- Riesgos de explosión

La liberación de energía generada por la oxidación muy rápida del polvo de cualquier sustancia mezclada en el aire en las proporciones adecuadas en un lugar cerrado originará una "Explosión de Polvo". Una explosión de polvo puede definirse como la combustión rápida de una nube de polvo en el aire, durante la cual se genera calor a una velocidad mayor que la velocidad con la que se disipa. Normalmente el volumen permanece constante ocasionando por consiguiente una elevación súbita de la presión que se traduce en una explosión, que ocasiona la destrucción del equipo y frecuentemente de toda una planta.

Este hecho también se aplica a las partículas cargadas y a ciertos metales, si se les pulveriza; entre ellos el magnesio, el aluminio, el bronce de aluminio, el zinc y otros. Los materiales combustibles en forma de polvo o granos muy finos arden rápidamente debido a que el material no puede transmitir el calor a otros puntos, es decir que, el material no puede transportar el calor lejos de la fuente, y con esto se producen más vapores combustibles.

La concentración de polvo, el tamaño de las partículas y del espacio donde se encuentran combinados tienen una relación directa con la fuerza de la explosión.

Distribución de los tamaños de las partículas

El tamaño de la partícula es un factor determinante en el grado de explosividad de los polvos. Cuanto menor sea la partícula del material oxidable, tanto más fácil se produce una explosión. Debido a que la oxidación es una función de la superficie específica, la explosividad debe variar aproximadamente en razón inversa al diámetro de la partícula. Esto se ejemplifica cualitativamente con el polvo de celulosa etílica para moldear; la inflamabilidad relativa del polvo que pasa por tamiz de malla de 35 hilos es más o menos 3, la del polvo de malla de 48 hilos es 10, la del de 65 es 24, la del de 150 es 70 y la del polvo del tamiz

de 270 es 90. La finura no sólo hace variar la inflamabilidad relativa, sino que también aumenta la mínima concentración explosiva.

La presión máxima desarrollada, por una concentración explosiva crece según disminuye el tamaño de partícula, y de ordinario el efecto se hace notable cuando las partículas son menores que las que pasan por tamiz de 100 hilos.

El aumento de la extensión superficial de los trozos más pequeños brinda también una mayor oportunidad para el libre desprendimiento de los vapores combustibles y para su ignición, lo que tiene como resultado una combustión más rápida incluso hasta llegar al punto de explosión del polvo.

Las partículas pequeñas son químicamente más activas que los conglomerados mayores a causa de su mayor área de superficie por unidad de masa.

Una explosión de polvo se acompaña de producción de presión cuyo grado depende de la concentración y del tamaño de partícula. La presión aumenta rápidamente según la concentración hasta alcanzar un máximo.

Las presiones de explosión rara vez pasan de 7 kg/cm². Se alcanzan presiones máximas con concentraciones mucho mayores que la mínima explosiva. La velocidad del aumento de presión depende del recinto en que se efectúa la explosión. En un espacio cerrado no son raras las velocidades de 70 kg/cm² por segundo.

Composición de la mezcla⁷

a) Concentración explosiva

Como sucede con los gases y vapores inflamables, hay un límite de concentración de polvo por debajo del cual no hace explosión una mezcla de polvo y aire. Mediante experimentos en pequeña escala se ha determinado el límite inferior de explosividad de muchos polvos. En general los polvos oxidables son los más inflamables y se consideran polvos de explosividad potencial, aunque la explosión no se produzca en una atmósfera que no contenga una concentración de oxígeno suficiente. La inflamabilidad de un polvo depende de la composición, el tamaño de partícula y la concentración.

Los materiales en forma de polvo con tendencia a inflamarse o explotar bajo condiciones favorables pueden ser orgánicos e inorgánicos y entre los más comunes están: el azúcar, polvo de carbón, polvo de papel, cocoa, cereales, corcho, aserrín, resinas, plásticos, magnesio, aluminio, azufre, hule, jabón, etc.. En el APENDICE A se muestran las concentraciones mínimas de explosión para diversos polvos.

b) Inflamabilidad Relativa

Las explosiones por polvos son ocasionados por temperaturas excesivamente altas, por arco eléctrico a llama; sucede con frecuencia que una nueve de polvo se puede inflamar más fácilmente por un medio que por otro. Que se produzcan la explosión o no, depende del medio primario que se emplea para separar el polvo por asentamiento, de las propiedades del material y de la cantidad de aire de que se disponga. Por ésto se suelen expresar los límites de explosividad en relación con el medio de ignición empleado y no se pueden aplicar absolutamente a las circunstancias que prevalezcan en operaciones industriales. Para clasificar la explosividad de los polvos se ha

⁷ García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

ideado un método llamado de "Inflamabilidad Relativa", que es el porcentaje en peso de polvo inerte (por lo general tierra de batán calcinada) que necesita una mezcla de polvo inflamable. Cuanto mayor es el porcentaje de material inerte que se requiere, tanto mayor es la inflamabilidad del polvo. En el APENDICE A se muestra la Inflamabilidad Relativa de ciertos polvos con base en una ignición por llama.

c) Concentración de oxígeno

La concentración de oxígeno en el ambiente de trabajo influye para que se produzca una explosión de polvo. Se pueden prevenir las explosiones de ciertos polvos metálicos diluyendo el aire de conductos y recipientes con dióxido de carbono o con nitrógeno; éste último es preferible, especialmente con polvos de magnesio. Sin embargo, se ha de tener cuidado, pues una atmósfera deficiente en oxígeno puede perjudicar a los trabajadores. Cuando se producen incendios con metales calientes que arden con facilidad, tanto el dióxido de carbono como el nitrógeno reaccionan con el metal en combustión y continúa vigorosamente el incendio aunque sea muy baja la concentración de oxígeno. Esto ocurre con el circonio, el magnesio y las aleaciones de este metal.

Por regla general, hasta los polvos orgánicos más inflamables, como los de resina de acetato de celulosa, no causan explosión cuando la concentración de oxígeno es de 5%, o menos, y con la mayoría de los polvos orgánicos que se encuentran en la industria no puede haber explosión si la concentración de oxígeno es de menos de 10%.

En el APENDICE A se pueden ver los porcentajes máximos de oxígeno permitidos con polvos metálicos y se dan concentraciones máximas permitidas de oxígeno con respecto a los polvos que, se encuentran en la industria de los plásticos.

2.3.3.- Efectos potenciales del material superabsorbente en la salud⁸

Se presenta ahora de una forma fácilmente digerible exclusivamente los posibles riesgos asociados con el manejo del material superabsorbente dependiendo de la vía de entrada al organismo o contacto con el mismo, puesto que el polvo del material superabsorbente representa el mayor riesgo de salud asociado con la generación de polvos en la fabricación de pañales desechables.

Debido a su propiedad de absorber la humedad, al ocurrir un contacto con el cuerpo, el material superabsorbente puede producir una irritación leve de la piel, ojos y las vías respiratorias, al resecar estos tejidos. Estas irritaciones son de corta duración, y generalmente desaparecen tan pronto como la humedad es restaurada en las áreas resacas.

Irritación de ojos

Pruebas realizadas en animales indican que los materiales superabsorbentes pueden producir una irritación leve, consistente en enrojecimientos, que desaparece totalmente en dos días. Debido a la sensibilidad de los ojos de los animales de la prueba, es probable que el contacto con el ojo humano no produzca más que una irritación leve.

Se recomienda que los empleados que usan lentes de contacto en las áreas potencialmente polvosas, usen goggles a prueba de polvo como precaución contra la irritación mecánica ocasionada por las partículas de polvo que se introducen abajo de los lentes. también, se tiene información limitada de que los lentes de contacto blandos o de uso prolongado pueden sufrir daños por el contacto con los superabsorbentes.

⁸ est. toxicológico de los proveedores.

Irritación de la piel

Los empleados expuestos al polvo del material superabsorbente pueden experimentar irritaciones leves en la piel similares a la resequedad de la piel producida por el invierno. El tratamiento de las áreas afectadas con cremas o lociones para restaurar la humedad es efectivo para eliminar esta irritación.

Irritación de las vías respiratorias

La exposición prolongada a concentraciones visibles de polvo puede producir irritación de nariz y garganta debido al efecto secante del material superabsorbente. Este es también un efecto pasajero, se desaparece cuando se restituye la humedad en las áreas afectadas.

Se condujeron estudios de inhalación en animales durante 6 meses, a niveles de exposición de 0.05, 0.2, 1 y 10 mg/m³ de partículas respirables de material superabsorbente. No se observaron efectos en los pulmones en el nivel de 0.05 mg/m³. En el nivel de 0.2 mg/m³, se observó cierta irritación mínima en los pulmones, la cual se consideró completamente reversible después de discontinuarse la exposición al superabsorbente. A 1.0 mg/m³, se observó una inflamación de pulmones de leve a moderada, pero los efectos también fueron completamente reversibles. A 10 mg/m³, se vio trastornado el mecanismo de despeje de los pulmones, teniéndose como resultado una inflamación severa y numerosos efectos respiratorios.

Ingestión

En experimentos con animales, la alimentación con grandes cantidades de material superabsorbente no produjo ningún efecto relacionado con el tratamiento, excepto un aumento en la cantidad del consumo de agua. Las cantidades de superabsorbente que pudiera ser ingerida en el lugar de trabajo no producirían ningún efecto.

2.4.- Mecanismos de generación de polvo

Como se mencionó anteriormente, el polvo que se genera en la producción de pañales desechables proviene de la materia prima (pulpa de papel y material superabsorbente) utilizada y del proceso mismo de fabricación. Sin embargo es importante profundizar más en los mecanismos de generación de polvo, para entender mejor el problema y poder proporcionar soluciones tangibles al mismo.

La generación de polvo es un fenómeno físico. Se genera polvo durante el proceso físico al que se somete la materia y según las propiedades físicas de la misma. Los efectos mecánicos al que se someten los materiales, corresponden, así como su nombre lo indica a los mecanismos de generación de polvos, siendo los más comunes los que se mencionan a continuación:

Alimentación y descarga

Cualquier proceso de alimentación y descarga de material polvoso, genera polvo ambiental. El mecanismo de caída y desfogue genera la dispersión del material en el aire. También puede generarse polvo ambiental por alimentación o descarga de aire en contacto con material polvoso contenido en recipientes.

Compresión del producto o contacto con unidades mecánicas

Cuando el producto se comprime o se pone en contacto con alguna unidad mecánica se genera polvo. Este mecanismo provoca a su vez que el polvo se fraccione aún más, formando un mayor número de partículas que presentan mayores riesgos a la salud y de explosión. La cantidad de polvo que se genera dependerá de la etapa del proceso. Cuando el núcleo del pañal se acaba de formar, este mecanismo representa la mayor fuente generadora de polvo. El núcleo no está cubierto por otros materiales que impidan que el polvo

escape. Cuando el núcleo se encuentra cubierto por el polietileno y los demás materiales, en una etapa más avanzada del proceso, el polvo ya no se genera fácilmente a pesar de las diversas compresiones y contactos con unidades mecánicas al que está sometido el pañal. Este mecanismo también se presenta al usar una escobilla para realizar la limpieza. El contacto de las cerdas de la escobilla y el movimiento del polvo en la superficie ejercen también un efecto físico que además de fraccionar el polvo, lo levanta generando nubes de polvo que se integran en el ambiente.

Ventilación

La ventilación es una fuente generadora de polvo muy común. Cualquier movimiento del aire provoca que el polvo se desprenda del pañal, especialmente cuando el núcleo no se encuentra unido con adhesivos. La ventilación y las corrientes de aire provocan además que el polvo que se encuentra en el ambiente y/o que ha sedimentado, vuelva a levantarse creando una atmósfera de polvo ambiental difícil de controlar. El aire a presión, como lo es el uso de aire comprimido en la limpieza de algunas unidades mecánicas, se considera como un mecanismo de ventilación pero con efectos mucho mayores.

Vibración

El simple movimiento de los pañales en las bandas transportadoras genera polvo. Esto se debe básicamente al efecto que tiene la vibración en la generación del polvo. En menor proporción se debe también al contacto con el equipo y unidades mecánicas, sin embargo la vibración de las bandas genera una cantidad importante de polvo, mismo que depende también de la etapa del proceso y terminación del producto final. Mientras menos cubierto el núcleo mayor la generación de polvo por este mecanismo.

Los mecanismos que acabamos de mencionar corresponden tanto a la naturaleza del proceso y el diseño de los equipos utilizados para el mismo,

como a los procedimientos de trabajo y limpieza durante la operación y mantenimiento de los equipos.

2.5.- Fuentes generadoras de polvo

Una vez estudiados los mecanismos de generación de polvos, se pueden identificar con mayor facilidad las fuentes generadoras de polvos. Las fuentes generadoras de polvos son las operaciones unitarias o procedimientos que a través de alguno o varios de los mecanismos mencionados producen polvo ambiental. Estas se dividen en dos grandes grupos; las fuentes primarias y las fuentes secundarias.

2.5.1.- Fuentes primarias

Las fuentes primarias son aquellas operaciones unitarias que generan polvo a partir de la transformación de la materia prima durante el proceso de fabricación. Es decir corresponden a los equipos de proceso que por su diseño generan polvo ambiental al manejar polvo de papel y material superabsorbente.

En la producción de pañales desechables tenemos un número considerable de fuentes primarias generadoras de polvo. Entre las fuentes primarias se consideran:

El sistema de alimentación del material superabsorbente:

El sistema de alimentación del material superabsorbente genera polvo desde el manejo manual de los costales que contienen el material. Al colocar los costales en la unidad de alimentación se producen derrames considerables

de material que finalmente se traduce en polvo ambiental. Una vez colocado el costal, persiste la generación de polvo debido principalmente a las fugas que presenta el equipo en las uniones debido a la vibración.

El sistema de formación del núcleo del pañal:

Después de la alimentación del material superabsorbente, éste se combina con el polvo de papel proveniente del molino para formar el núcleo del pañal. Todo este equipo presenta fugas entre las uniones debido a la vibración y a la magnitud de las partículas de polvo. El proceso está diseñado para que el sobrante de polvo dentro del molde se recircule y se vuelva a utilizar. Sin embargo se genera mucho polvo en el equipo restante.

El transporte del núcleo del pañal:

Una vez formado el núcleo se transfiere a unas bandas que lo transportan a lo largo de la convertidora para seguir con el proceso de fabricación. El transporte del núcleo sobre las bandas, genera polvo desde su origen ya que existe contacto con unidades mecánicas y vibraciones por el mismo movimiento de las bandas y el núcleo.

Las unidades de compresión y de corte:

La unidad de compresión, comprime al núcleo para que la tela "TISSUE A" se adhiera al mismo. La unidad de corte también ejerce presión sobre el núcleo provocando la separación entre núcleos de tal manera que también provoca una dispersión del polvo hacia los alrededores.

2.5.2.- Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias son aquellas que generan polvo, pero no como resultado de la transformación directa de la materia prima, sino por el equipo que controla el polvo generado por las fuentes primarias y por los procedimientos de operación, mantenimiento y limpieza utilizados. No corresponden a las causas básicas que producen polvo en el ambiente, sino como resultado del manejo del polvo generado por el mismo proceso de fabricación. En otras palabras, una vez que se genera polvo desde el origen (procesamiento de las materias primas y núcleo del pañal) este llega a dispersarse en los alrededores. Existe equipo para controlar que el polvo no se disperse en toda el área de trabajo y además existen procedimientos de limpieza del polvo que llega a dispersarse. Tanto el equipo de control como los procedimientos de limpieza pueden llegar a generar y dispersar el polvo nuevamente. A estas fuentes de generación de polvo se les considera secundarias, entre las que destacan:

Procedimientos de limpieza

La limpieza del polvo en los alrededores de la línea de producción dispersa en el aire una gran cantidad de polvo sedimentado debido a que se utilizan escobillas, mopeadores y jaladores. Se logra acumular el polvo en un montón, luego se levanta con un recogedor y se deposita en un basurero lo que provoca que se disperse aun más.

Sistema de higiene

El sistema de higiene se encarga de succionar el polvo generado por las fuentes primarias a lo largo de la convertidora. El polvo que se succiona por medio de vacío pasa a través de un colector de polvos, que filtra el aire que posteriormente se desfoga hacia la atmósfera y el polvo acumulado en el la tolva del colector se vacía cada vez que se llena. El vaciado del colector es un procedimiento que genera mucho polvo, porque es una gran cantidad de polvo y

porque el equipo presenta muchas dificultades para vaciarlo sin que se derrame o disperse el polvo.

Sistema de aire de proceso

El sistema del aire de proceso se encarga de recircular el polvo sobrante durante la formación del núcleo del pañal. El polvo sobrante se succiona y se transfiere a un filtro rotatorio para recircular el polvo fino hacia el proceso. El polvo restante pasa a través de un colector de polvos, que filtra el aire que posteriormente se desfogó hacia la atmósfera y el polvo acumulado en la tolva del colector se vacía una vez que se llena. El problema adicional que presenta este sistema es la limpieza de los filtros rotatorios. Durante esa actividad se vuelve a dispersar nuevamente el polvo en el ambiente.

CAPITULO III

EQUIPO DE CONTROL DE POLVOS

3.1.- Generalidades

Una vez estudiado el proceso, las propiedades de las materias primas, los mecanismos de generación de polvos y en particular las fuentes primarias y secundarias generadoras de polvo en la producción de pañales desechables, es necesario abordar el tema sobre los equipos de control de polvos.

Existen diferentes maneras de controlar la exposición de los trabajadores al polvo, sin embargo la primer instancia que debe analizarse para reducir la generación de polvo, es el origen, es decir las fuentes primarias donde se genera el polvo a partir de la transformación de la materia prima durante el proceso de fabricación. El mismo proceso tiene limitantes en cuanto al control de la generación de polvo, por lo que es importante utilizar equipos adicionales de captación y filtración.

Para entender el funcionamiento de los equipos de control de polvos es necesario conocer los fundamentos técnicos básicos de los mismos.

3.1.1.- Conceptos Teóricos

Así como todos los fluidos, el aire fluye de regiones de presión alta a regiones de presión baja. Así pues, para comprender el flujo del aire se requiere de un entendimiento básico del concepto de presión.

Presión¹

La presión se define como una fuerza sobre una unidad de área. Existen diversas unidades que se emplean para medir la presión en la industria. Algunas mediciones comunes incluyen libras por pulgada cuadrada (psi), milímetros de mercurio (mm de Hg) y "pulgadas" o "pies" de agua.

La presión atmosférica, la cual se deriva del peso de la atmósfera terrestre, equivale a 14.7 libras por pulgada cuadrada a nivel del mar. Así como la presión desciende en un buzo mientras se acerca a la superficie, la presión atmosférica terrestre disminuye al aumentar la altura sobre el nivel del mar. Las condiciones climáticas también provocan cambios en la presión atmosférica. Los meteorólogos se refieren a los cambios en la presión "barométrica" como zonas de presión baja o alta. La presión barométrica adquiere su nombre del barómetro --instrumento utilizado por los meteorólogos para medir la presión atmosférica.

Mientras existen instrumentos de medición especiales, como el barómetro, que pueden medir directamente la presión atmosférica, los manómetros industriales rara vez pueden hacerlo. Los manómetros normalmente leen "0" en condiciones atmosféricas para medir la presión en el aire y/o en el agua. Esto sucede debido a que automáticamente toman como referencia 0, la presión atmosférica existente por medio de un diafragma u otro arreglo similar. Lo anterior nos lleva a dos definiciones:

- 1.- la presión atmosférica diferencial (arriba o abajo de la presión atmosférica) y
- 2.- la presión absoluta que incluye la presión atmosférica.

Esta relación se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Presión Absoluta (psia)} = \text{Presión Manométrica (psig)} + 14.7 \text{ psi}$$

¹ Himmelblau David M., Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química, Ed. CECSA, 1ª edición, México 1987, pág. 42-52.

Para entender claramente a que tipo de presión se hace referencia, se emplearán las abreviaciones psig (manométrica) o psia (absoluta).

Otro importante concepto de la presión es la diferencia entre presión "positiva" y presión "negativa". Si se opera bajo una presión "positiva", el aire tenderá a fluir fuera del recipiente hacia el área de presión más baja. Si se opera bajo una presión "negativa", el aire fluirá hacia el polvo o el recipiente. En los sistemas de aire, se refiere generalmente como al dibujo de una "aspiradora" en el equipo.

Velocidad

El aire se desplaza a través del ducto y el equipo a una velocidad que puede ser medida. En unidades Inglesas, el flujo del aire es usualmente medido en términos de pies cúbicos por minuto (cfm)^a. Su velocidad es medida usualmente en pies por minuto (fpm)^b. La relación² entre estos conceptos es:

$$Q = v \times A$$

donde: Q = Flujo de aire en pies cúbicos por minuto (cfm)
 v = Velocidad promedio del ducto redondo en pies por minuto (fpm)
 A = Area transversal del ducto

La velocidad promedio del ducto puede ser calculada re-acomodando la ecuación:

$$v = \frac{Q}{A}$$

^a Cubic feet per minute

^b Feet per minute

² Himmelblau David M., Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química, Ed. CECOSA, 1ª edición, México 1987, pág. 42-52.

En un ducto redondo el área transversal es:

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times d^2/4$$

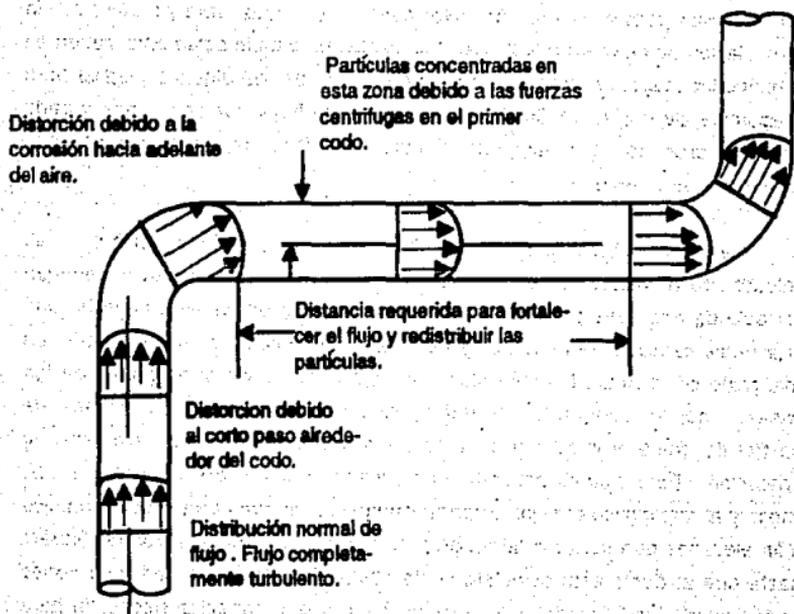
Haciendo la conversión adecuada, la velocidad promedio en un ducto redondo es entonces:

$$v = \frac{183 Q}{d^2}$$

La velocidad promedio del ducto se determina en la práctica tomando el promedio de las múltiples medidas de velocidad. Resulta que poco aire se mueve realmente por el ducto a una velocidad promedio. Su velocidad es descrita con más precisión en términos de "perfil" de velocidad a través del ducto. En una sección recta del ducto, la velocidad del aire será mucho mayor en la parte central. Como se puede esperar, el perfil de velocidad cambia cerca de las uniones y restricciones. La FIGURA 1 muestra gráficamente el perfil de velocidades. En las uniones el aire se desplaza más rápido por la parte externa de las pared y más despacio en la interna.

Para diseñar un ducto de trabajo es importante comprender los perfiles de velocidad. El polvo se asienta en zonas de velocidades bajas. Al disminuir la velocidad en la parte interna de las uniones, el polvo tiene una buena oportunidad para asentarse y acumularse ahí. Alrededor de los orificios y las transiciones se presentan situaciones similares.

FIGURA 1



Perfiles de velocidad en los ductos de polvo³

³ Manual de operaciones.

Flujo

Los sistemas de aire generalmente necesitan extensiones de chimeneas y ductos para recoger polvo ambiental de sus numerosos puntos de recolección. El ventilador es "preparado" para manejar el total de flujo de aire requerido de cada una de las tolvas. Recorridos de ductos independientes hacia cada tolva son medidas para mantener las velocidades requeridas para prevenir así la acumulación de polvo en el sistema. Los ductos de trabajo solamente vienen en tamaños limitados; sin embargo, se tiene que proveer de algunos medios para asegurarse de que la cantidad de aire apropiada fluya por cada línea y cada tolva. El proceso para asegurar el flujo apropiado de aire se denomina: "balancear" el sistema.

Se logra el balance instalando "orificios". El propósito del orificio es colocar una restricción en el tamaño de la línea para permitir que la cantidad correcta de aire fluya por el sistema. El balance de un sistema necesita una importante cantidad de paciencia y habilidad ya que colocar una restricción en una parte de la línea, también afecta el flujo a través de otras partes de las líneas. Incluso aunque se ha balanceado apropiadamente un sistema de control de polvo al inicio, su balance del sistema puede cambiar durante la operación. Este cambio generalmente sucede al acumularse el polvo en las líneas y al restringirse el flujo. Cuando esto pasa, las otras partes sufrirán flujos más elevados que para los que fueron diseñados. La acumulación continuará hasta que el ducto esté completamente obstruido. Así pues, las mediciones periódicas de los flujos del ducto proporcionarán la información necesaria para determinar si se está creando un bloqueo en alguna parte del sistema.

Para localizar un bloqueo, se debe medir el flujo del aire y la presión estática en la pared del ducto y compararla con los flujos de aire⁴ diseñados y las condiciones de operación. Esto se puede lograr empleando instrumentos sencillos para encontrar el promedio de la velocidad del ducto y la presión. Por supuesto, un bloqueo podría también identificarse haciendo un recorrido a

⁴ Mientras el aire fluye a través de los ductos y del equipo, su presión estática (la presión del aire sin movimiento en la pared del ducto) disminuye debido a las pérdidas por fricción.

través del ducto. Ya que la velocidad del aire varía por todo el ducto, diversas lecturas deben ser tomadas y promediarse para saber el flujo real existente.

3.1.2.- Instrumentos de Medición

Tubos de Pitot

El tubo de Pitot es el instrumento usado comúnmente para tomar las medidas del flujo de aire. En su forma más simple, un tubo de "Pitot" es una pieza doblada de tubería que se coloca en la corriente. Al pasar el aire sobre la abertura del tubo, como se muestra en la FIGURA 2, su energía de velocidad se transforma en un equivalente de presión de "velocidad". Cuando es empleado con uno de los diversos tipos de instrumentos de medición abajo mencionados, esta presión puede medirse y la velocidad calcularse.

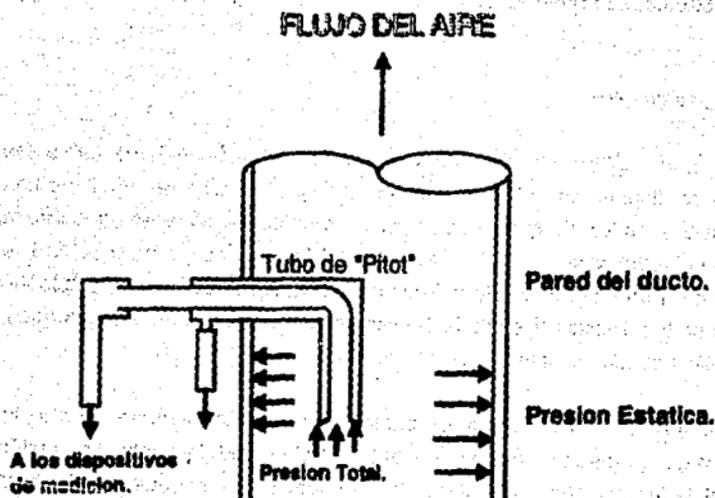
La presión "estática" es la primera que puede medirse. Esta es simplemente la presión manométrica "sentida" en la pared del ducto. La presión "total" es la presión resultante cuando el aire choca contra la abertura del tubo de Pitot. La presión de la velocidad es igual a la diferencia de las presiones total y estática.

Diversos tipos de aparatos para medir se emplean para cuantificar y convertir las lecturas de la presión del tubo de Pitot.

Manómetro tipo tubo-U

El manómetro tipo tubo-U es el instrumento de medición más sencillo. Consiste en un tubo de vidrio lleno de agua y en forma de "U". Está conectado a un extremo de la "U" con una tubería flexible. Cuando se coloca el tubo de Pitot en la corriente de aire, la presión de la velocidad obliga a entrar más agua en una extremidad del tubo "U" que en otra. La presión de la velocidad es la diferencia en altura entre los dos extremos de la columna. Los manómetros tipo

FIGURA 2



VELOCIDAD DE PRESION= PRESION TOTAL= PRESION ESTATICA

Tubo de "Pitot" posicionado en el ducto⁵

⁵ Manual de operaciones

"U" leen en términos de "pulgadas de agua" y son precisos en un ± 0.1 pulgadas de agua. La altura del manómetro limita la aproximación. Generalmente, se agrega tinta al agua del tubo para hacer más fácil la lectura.

Manómetro inclinado

El manómetro inclinado, no es más que una variación del anterior. Cuenta con un tubo inclinado para que se obtengan lecturas con una diferencia notoria por muy pequeña que sea la diferencia de la presión de la velocidad. Los manómetros inclinados generalmente poseen un margen de 0 a 30 pulgadas de agua con una precisión de ± 0.1 pulgadas de agua.

Manómetro magnahélico

Un manómetro magnahélico es un aparato plano mecánico que se encuentra disponible en una amplia variedad. El "magnahélico" tiene una precisión de ± 0.1 pulgadas de agua y es en algunas ocasiones una alternativa conveniente a los tipos de manómetro como los inclinados, especialmente cuando se trata de leer grandes diferencias en la presión.

Velómetros Alnor / Anemómetros

Los velómetros Alnor y los Anemómetros son instrumentos basados en la electrónica que se utilizan regularmente en aplicaciones de aire limpio únicamente. Esto es debido a que el polvo de la corriente de aire tiende a acumularse en el equipo e impide una lectura precisa.

3.1.3.- Medición de la velocidad del aire

Para medir con precisión el flujo del aire en un ducto circular se requieren de diversas lecturas por todas las secciones de cruce del ducto. Mientras más grande sea el ducto, más lecturas se necesitan para encontrar un promedio de velocidad del aire. El procedimiento recomendado es recorrer metódicamente el ducto en dos direcciones colocadas en ángulos de 90° a cada uno. El no tomar suficientes lecturas en el ducto puede provocar cálculos erróneos en el flujo de aire, particularmente si los patrones de flujo de aire se inclinan hacia un lado del ducto. Un tubo de Pitot ligeramente más largo que el diámetro del ducto es necesario para completar el recorrido.

Después de medir el flujo de aire, el primer paso del técnico en reparaciones sería el de verificar los flujos medidos con los flujos del diseño. Si los flujos son más bajos que los diseñados, puede haber algún tipo de bloqueo en esa sección del ducto en particular. Si la lectura del flujo es más alta, puede haber un bloqueo en otra sección del ducto. Esto puede ocurrir fácilmente ya que el aire tiende a seguir el camino de menos resistencia y fluir en grandes cantidades por el ducto abierto.

Para localizar la obstrucción, un rápido chequeo de la presión estática puede realizarse a lo largo del ducto. donde sea que se piense que existe un bloqueo, se puede tomar una lectura de la presión estática antes y después del punto. Cerca de la obstrucción, ocurrirá un descenso dramático de la presión estática. Otra táctica es medir los flujos en el ducto guía de cada tolva y compararlos con los flujos del diseño. Flujos más altos de lo normal y más bajos que lo esperado en las tolvias adyacentes indicarán también una obstrucción en el ducto con los flujos más bajos.

3.2.- Equipos de separación

Partiendo de la naturaleza física del fenómeno del polvo ambiental, entendiéndolo como una mezcla de componentes sólidos suspendidos en un medio gaseoso, los equipos de control de polvos se reducen a captar por algún medio ese polvo y realizar posteriormente una separación de la mezcla.

El diseño de los sistemas de captación y separación de polvos precisa la evaluación de todos las posibles medidas correctivas y de los métodos de tratamiento para asegurar una solución eficaz y económica al problema. Es importante notar que para seleccionar el sistema más adecuado es indispensable hacer un análisis para cada aplicación en particular.

Entre los equipos para controlar y prevenir la contaminación provocada por polvo se conocen los siguientes tipos de separadores o colectores:

- 1.- Colectores o Separadores en Seco.
- 2.- Colectores o Separadores en Húmedo.
- 3.- Colectores o Separadores Electrostáticos.

3.2.1- Separadores en Seco.

Los separadores en seco son aquellos que retienen el polvo arrastrado por una corriente de aire por medio de mangas telas, placas, panales, laberintos, etc., que desempeñan su cometido en un medio prácticamente seco.

Los separadores en seco tienen mayores posibilidades de adaptación práctica debido a la ausencia de líquido, lo que puede tener importancia si han de colocarse próximos a máquinas herramientas, molinos etc., o cuando se deban constituir equipos móviles. Sin embargo, con el fin de aprovechar simultáneamente las ventajas de los sistemas seco y húmedo, se ha adoptado

en muchos tipos la solución mixta, que consiste en un filtrado previo a base de ciclones y mangas de tejido basto, seguido de una separación en húmedo, que entonces puede ser de poca capacidad, puesto que sólo deberá separar las partículas más finas.

Entre las desventajas más importantes de los separadores en seco figura, sin duda en primer término, el riesgo de incendio que dependerá, como es natural, de la clase de polvo producido, es decir, que en el control de polvos inflamables habrá que hacer uso con más frecuencia de un método húmedo que seco. Los colectores de polvo, vía seca que más comúnmente se utilizan son:

- Cámara de precipitación por gravedad.
- Separadores centrífugos a base de ciclones.
- Colectores de bolsas.

Cámara de precipitación por gravedad.⁶

El principio de estas cámaras se basa en la precipitación del polvo por gravedad. Cuando la velocidad del aire aspirado que lo conduce, se reduce considerablemente al desembocar la corriente en una amplia cámara, de un volumen adecuado, se produce aquella pérdida de velocidad. Precisamente, el volumen de estas cámaras es lo que, en la práctica, hace difícil y costoso este tipo de separador, pues siempre resulta de extraordinarias dimensiones. Por ello su empleo ha quedado relegado a caso poco frecuentes en la industria. Su aplicación es limitada también, ya que, trabaja relativamente bien en la captación de partículas pesadas del orden de 200 micras. Su eficiencia es baja con polvo fino y tiene el inconveniente de requerir mucho espacio en el lugar de instalación. Su caída de presión es baja y está en el rango de 0.2 a 0.5

⁶ Samliento López, E. A. 1974. Selección de equipo para eliminación de polvos.

Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

pulgadas de c.a. La velocidad del gas no debe de exceder de 60 pies por minuto.

Separadores centrífugos a base de ciclones.

Este tipo de colectores se basan en la precipitación del polvo por acción centrífuga, en una o varias cámaras llamadas ciclones, generalmente cilíndricas, de formas y dimensiones diseñadas y calculadas para producir aquella precipitación.

La fuerza centrífuga imprimida a las partículas aspiradas y arrastradas, en forma de espiral, hacia el fondo del ciclón, es mucho mayor que en el caso de las cámaras de gravedad, y por ello, es posible separar partículas mucho más pequeñas con ciclones de volumen mucho más reducido que las cámaras de precipitación. La FIGURA 3 muestra un ciclón en su forma más usual y conocida.

Generalidades.

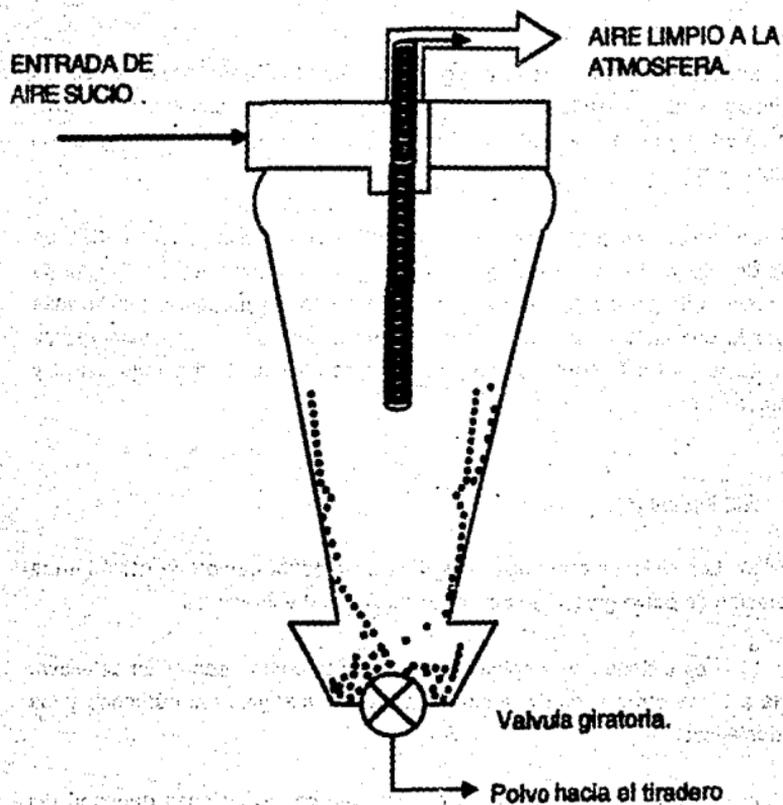
a) Los ciclones convencionales tienen su mayor campo de acción en la separación de polvo grueso de dimensiones entre 20 y 30 micras.

b) Los ciclones se emplean muchas veces como separación selectiva, previa a la de otros tipos de separadores, como mangas, los húmedos y los electrostáticos.

c) El grado de separación o rendimiento de los ciclones depende del diámetro exterior de la cámara y del diámetro del tubo interior siendo mayor cuando son menores ambos diámetros.

d) No poseen partes móviles, su constitución es simple en los de tipo convencional, y son de bajo costo.

FIGURA 3



e) Se acostumbra instalarlos en paralelo para depurar grandes volúmenes de aire y en serie para obtener altas eficiencias.

f) Al acoplar varios ciclones en serie, puede considerarse el primer ciclón como un concentrador de polvo y los siguientes como separadores selectivos.

Eficiencia del colector.

El grado de separación o rendimiento de los ciclones depende del diámetro exterior de la cámara y del diámetro del tubo interior, siendo mayor cuando menores son ambos diámetros. Alcanzan una eficiencia de recolección de 90%, no son tan eficientes como los colectores de bolsas; sin embargo, son muy efectivos al separar partículas más grandes del aire. Influyen notablemente en el cálculo la dimensión del polvo, su peso específico, el grado de separación requerido y la pérdida de carga admisible. Debe de prestarse particular atención a la posible formación de turbulencia en el interior del ciclón, lo cual disminuye su rendimiento o capacidad separadora. El rango de eficiencia varía de acuerdo con el tamaño de partículas como lo podemos apreciar en seguida:

Separación de polvo hasta 5 micras	50%
Separación de polvo de 5 a 10 micras	80%
Separación de polvo de 10 a 15 micras	93%
Separación de polvo mayor de 15 micras	99%

Los ciclones de alta eficiencia son de mayor longitud o altura en relación con el diámetro del aparato y en comparación con los de baja eficiencia tienen una mayor resistencia al paso del aire. Por ello, se acostumbra disponer los colectores en serie para obtener altas eficiencias. La más baja eficiencia se obtiene para la colección de partículas estando entre 20 y 40 micras.

Mecanismo de colección.

En estos separadores, el aire a depurar es aspirado y se introduce tangencialmente al separador por la parte superior de forma que al entrar la

corriente de aire dentro de la cámara del separador, se ve forzada a efectuar un movimiento helicoidal (fuerza centrífuga producida por el exhaustor), que proyecta el polvo hacia las paredes cilíndricas del separador. Al entrar en contacto las partículas con la pared, disminuyen su velocidad y son jaladas hacia la parte inferior de la pared del separador debido a la gravedad. Al igual que con el colector de bolsas, se colectan las partes sólidas en una tolva o descienden por el separador. Cuando el aire limpio llega al fondo del separador, se mueve hacia arriba por medio del ciclón en una espiral de diámetro constante. Entonces es descargado a la atmósfera y en ocasiones pasado a través de un colector de bolsas para una limpieza final.

Clasificación de los separadores centrífugos.

a) Ciclones simples.

Su principio de trabajo consiste en introducir el aire cargado con polvos tangencialmente por la parte superior de una sección cilíndrica. El polvo con una trayectoria espiral, viaja a través de la sección del ciclón donde se descarga y se separa del aire que sale por la parte superior.

b) Multiciclones.

Consisten en ciclones de poco diámetro teniendo por lo general 9 pulgadas o menos; son más eficaces que los usuales de diámetro y tamaño más grande. Estos ciclones son diseñados en paralelo y descargan el polvo a una tolva común. Su mayor ventaja es de que se obtiene una buena eficiencia de colección. Su desventaja consiste en que si las condiciones de operación no han sido bien estudiadas puede presentarse el problema de atascamiento en el interior de los ciclones. Puede captar partículas desde 5 micras, dependiendo del material por coleccionar y de las condiciones de trabajo.

c) Separadores centrífugos tubulares.

Consisten en otra moderna adaptación del principio de los ciclones; están provistos de un conjunto de tubos, cada uno de los cuales constituye en realidad un pequeño ciclón, pero de un diámetro que, en la práctica, oscila entre 80 y 200 mm. Este sistema que, en definitiva, es un ciclón múltiple, se basa en la teoría de que a igual velocidad del aire, los ciclones de mayor diámetro tienen un mayor rendimiento. Este conjunto de tubos que puede pasar del centenar, según el volumen de aire a aspirar, se monta en posición vertical o en ángulo de unos 45 grados sobre placas de sustentación dentro de una cámara, en cuya parte superior se halla la zona de expulsión del aire ya depurado y en el inferior, una o varias tolvas para la recolección del polvo precipitado. La entrada del aire a depurar puede ser axial o tangencial y se hace por una sola abertura, desde la cual se reparte más o menos uniformemente a través de todos los pequeños tubos que, como hemos dicho, son otros tantos ciclones de reducido tamaño.

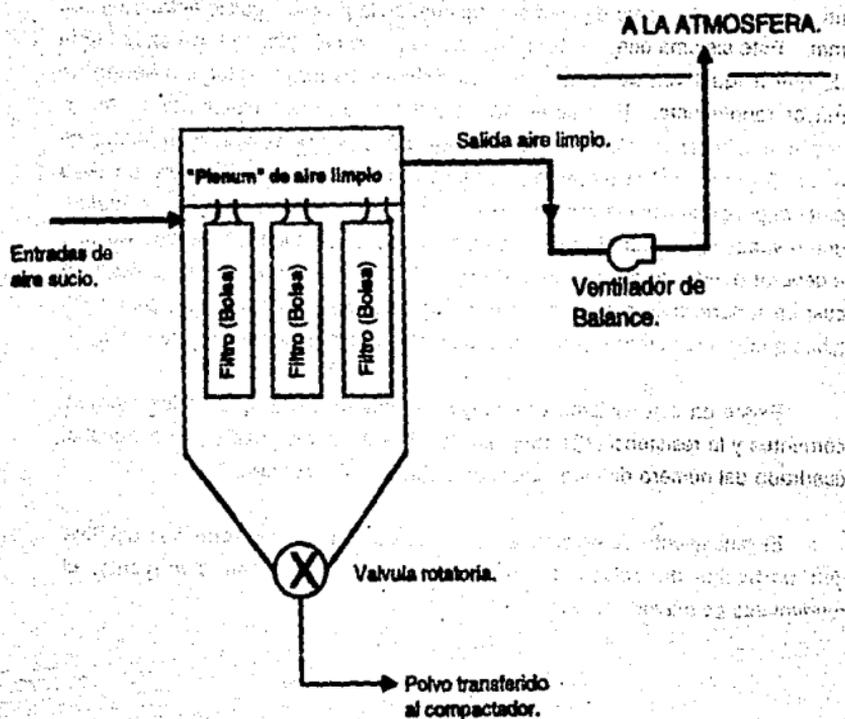
Existe en este sistema una mayor pérdida de carga que en los ciclones corrientes y la resistencia del conjunto de tubos es inversamente proporcional al cuadrado del número de tubos ciclones alojados en la cámara.

El rendimiento de este sistema de separación señala promedios del 95% con partículas de polvos de unas 10 micras; con tamaños mayores, el rendimiento es mayor.

Colectores de bolsas.

El principio de trabajo de este tipo de colectores consiste en hacer pasar cierto volumen de aire a baja velocidad a través de una tela de fibra natural o sintética que constituye el medio filtrante. El gas fluye por los poros de la tela formando en su superficie una fina capa de polvo que aumenta la eficiencia de filtración y también la resistencia al paso de aire, por lo cual tiene que ser limpiada periódicamente. La FIGURA 4 muestra un colector de bolsas industrial.

FIGURA 4



Esquema de una tolva o colector de bolsas⁸

⁸ Predicting Efficiency of Fine Particles Collectors, Chemical Engineering, April, 16, 1973

Generalidades.

Se usan ampliamente en la industria para una gran cantidad de aplicaciones. Están limitados a las condiciones de aire seco para prevenir condensación sobre la superficie filtrante, siendo una limitación también la temperatura de la corriente de gases. Con materiales higroscópicos o pegajosos o materiales de muy baja densidad se deberá tener un cuidado especial para su aplicación, ya que se pueden presentar problemas de manejo de materiales. El rango de flujo a través del medio filtrante varía con el tipo de colector, la aplicación, la concentración de polvo, la temperatura y el tipo de material filtrante. Dentro de las características especiales o específicas se cuenta con las siguientes:

a) Son útiles en la separación de partículas que están dentro del rango de 0.25 mm hasta el submicroscópico.

b) Se emplean en la mayoría de los casos como complemento de la fase final de un mecanismo de colección de polvos para obtener rendimientos del 99% de pureza del aire.

c) No son útiles en la reducción de condiciones explosivas.

d) Estos colectores se seleccionan de modo que la caída de presión no exceda a 150 mm de c.a.

e) La humedad es un factor importante, ya que los materiales higroscópicos afectan la operación del colector.

f) Ocupan amplios espacios debido a que manejan grandes volúmenes de aire, por ello, sus costos son moderados o altos.

g) Los dos tipos básicos de medio filtrante utilizados en los colectores de polvo del tipo tela, son las telas tejidas y los fieltros. Las telas tejidas son esencialmente filtros de superficie mientras que los fieltros son filtros de profundidad.

h) Estos colectores cuentan con un sistema de aspiración de aire, y con un sistema mecánico que actúa comunicándole un movimiento vibratorio a todas las bolsas para que el polvo caiga a las tolvas.

Eficiencia del colector.

Este medio de separación del polvo se usa debido a su gran eficiencia (más del 99%), para captar partículas pequeñas dentro del rango submicroscópico. Altas eficiencias de colección son alcanzadas desde el arranque inicial del colector, tal es el caso de los filtros de fieltro que no dependen del polvo depositado, en las bolsas, sino de la densa composición de sus fibras. Las partículas de polvo aún en tamaño submicrónico no penetran fácilmente en el filtro.

Mecanismo de colección.

Los colectores de bolsas funcionan de manera similar a una aspiradora. Un gran compartimiento contiene bolsas de tela que se instalan ya sea vertical u horizontalmente. El aire o gas con polvo que entra al colector se encuentra primero con una placa de choque; debido al rápido cambio de velocidad y dirección del flujo de gas, las partículas más grandes caen dentro de la tolva y el polvo más fino y la corriente viajan hacia la parte superior del colector. El polvo se acumula dentro de las bolsas filtrantes y la corriente de gas pasa a través de ellas al lado limpio del cuerpo siendo descargado posteriormente al exterior. El polvo precipitado se deposita entonces en una tolva.

La bolsa permite que pase el aire pero mantiene dentro de ella polvo de hasta un micrón y más grandes y hasta un 99.8% del tamaño de submicrones. Cada bolsa se limpia periódicamente para descargar el polvo el cual es recolectado.

El ciclo de limpieza opera de la siguiente forma: a menudo que el polvo se deposita en la superficie de las bolsas, la resistencia al flujo aumenta periódicamente el flujo de aire a cada comportamiento debe ser detenido con

compuertas adecuadas, procediendo en ese momento al sacudido, vibración o flujo reversible de aire para limpiar ese compartimiento. Se debe considerar tiempo suficiente para que permita que el polvo caiga y se deposite en las tolvas evitando el regreso del mismo a las bolsas. La limpieza de la bolsa se lleva a cabo utilizando aire comprimido y seco a 90 psig. Una revisión o pulso normal dura menos de 200 milésimas de segundo y están separadas una de otra por 10 a 30 segundos.

Como el período de tiempo de limpieza de cada comportamiento es relativamente largo, un buen porcentaje del área total de filtrado no se encuentra disponible durante la operación de filtrado (10' a 33%). Por lo tanto, la selección del colector deberá ser basada en el área de filtrado neta requerida para cada operación específica.

Clasificación de los colectores de bolsas.

a) Colectores de sacudimiento mecánico.

Este sistema cuenta con un mecanismo de aspiración de aire, que facilita la recogida del polvo. Las partículas de polvo quedan detenidas en la superficie de minúsculas fibras (se utilizan por lo general, filtros de fieltro), y al irse acumulando, se convierten en su propio agente filtrante, a medida que se va acumulando el polvo la caída de presión se aumenta hasta llegar a un punto en el cual las partículas se deben de remover. Esta remoción se realiza por medio de un sistema mecánico que actúa comunicándole un movimiento vibratorio a cada una de las bolsas filtradoras, provocando que el polvo retenido en ellas caiga hacia la tolva de colección.

b) Colectores del tipo continuo automático.

Constituye el tipo de colector con anillo de soplado viajero. El aire se introduce por la parte superior, pudiendo también ser introducido por la tolva. El aire con polvo viaja dentro de los cilindros filtrantes donde se acumula el polvo.

La corriente del gas pasa a través del filtro a la cámara limpia y sale a través de la conexión de descarga.

La limpieza es continua; aire a presión proveniente de un soplador de deslizamiento positivo es inyectado a través del anillo de soplado. Este anillo contiene perforaciones angostas alrededor de su perímetro. A la vez que el anillo de soplado va de arriba hacia abajo continuamente a lo largo de la bolsa, aire a alta velocidad es inyectado contra la pared exterior del fieltro lo cual ocasiona el desprendimiento del polvo acumulado. Con filtros afelpados y adecuada limpieza se obtienen substancialmente altas capacidades que varían de 1.2 a 4.5 m³/ minuto por metro cuadrado de área de filtrado.

c) Colectores del tipo flujo reversible.

Este tipo de colectores operan de la siguiente forma. El aire con polvo se introduce al colector y viaja hacia las mangas. El polvo se deposita en las bolsas pasando la corriente del gas a través de ellas. El gas viaja a través de las bolsas, entra a la cámara de aire limpio y pasa hacia las compuertas de descarga saliendo al cabezal común de descarga. El ciclo de limpieza reversible se basa en un programador de tiempo que controla la operación de las válvulas de compuerta que aíslan cada sección. Durante el ciclo de limpieza, la compuerta de inyección de aire se abre permitiendo la entrada de aire a baja presión a la cámara aislada, desciende a través del interior de las bolsas filtrantes invirtiendo el flujo de gas y desprendiendo el polvo depositado en la superficie exterior de la bolsa. El tiempo total de limpieza para una sección aislada es de aproximadamente 1 segundo.

d) Colectores de alta temperatura.

El colector de alta temperatura, puede trabajar en la captación de polvos finos, teniendo una alta eficiencia de filtración manejando gases calientes. Es un colector de bolsas de tela de fibra de vidrio que puede filtrar gases hasta de 550° F. Si los gases por manejar están a un temperatura más alta es posible bajar esta temperatura mezclándolos con el aire exterior o atomizando, en el

flujo de gases, agua por medio de espumas o enfriando por radiación, haciendo pasar los gases por una tubería para que haya intercambio de calor con el exterior.

3.2.2.- Colectores o Separadores en Húmedo.

Los colectores o separadores por vía húmeda es el equipo técnico, práctico y económico útil en el control de polvos combustibles o inflamables. Con estos sistemas se alcanza un alto grado de separación y se evitan los riesgos de explosión e incendio.

Los separadores en húmedo, como ya indica su nombre, el agente depurador, en estos separadores, es el agua en forma de turbulencia, cortina, proyección, goteo, neblina, etc., con o sin aditivos para mejorar su comportamiento como elemento filtrante.

Los lavadores de gases son equipo que pueden aplicarse tanto en la colección de polvos como en la absorción de humos y gases. Estos equipos colectan los polvos como una solución o lodo, el cual requiere de un proceso posterior, ya sea para recuperar un producto o para disponer de él como un material de desecho. El lodo o solución resultante, puede ser procesado por medio de centrifugas, filtros, clasificadores o tanques de asentamiento, etc. La selección del medio de tratamiento de los lodos está en función de las características físicas del material colectado, así como del costo del mismo y de la disponibilidad de agua.

Las partículas submicrónicas pueden ser colectadas por medio de lavadores de alta energía (Venturi), mientras que para partículas cuyo tamaño varía entre 1 y 10 micras, se pueden utilizar lavadores de baja energía. Los contaminantes gaseosos pueden separarse de la corriente de aire por condensación, lavado, absorción o incineración.

Para el diseño y selección de los componentes de un sistema para la eliminación de contaminantes por vía húmeda, es necesario tener presente, además de las propiedades del material y las condiciones de operación de la corriente de gases, los conceptos básicos de psicrometría, tales como: temperatura del bulbo húmedo y seco, humedad relativa y absoluta, volumen saturado, líneas de saturación adiabática, entalpía, etc. Resumiendo podemos decir que, los separadores de polvo por vía húmeda presentan las siguientes características:

a) Los riesgos del manejo de una mezcla de aire con polvos explosivos, son reducidos.

b) Se pueden eliminar tanto gases como partículas.

c).- La corriente de gases se enfría y se lava simultáneamente.

d).- Los vapores corrosivos pueden neutralizarse mediante una selección adecuada de líquido de lavado.

e).- No existe límite en la temperatura y contenido de humedad de la corriente de proceso.

f).- El espacio que ocupa el equipo es moderado.

g).- La eficiencia varía en función del consumo de potencia.

h).- El costo inicial del equipo es moderado, pero el costo de operación es alto, especialmente para altas eficiencias, ya que estas requieren un gran consumo de potencia.

3.2.3.- Separadores Electrostáticos⁹

Este tipo de colectores esta basado en el proceso eléctrico que comúnmente se refiere como precipitación electrostática. Difiere básicamente de todos los métodos mecánicos en que la fuerza de separación que actua en partículas suspendidas, es eléctrica por naturaleza.

Esta diferencia fundamental representa ventajas únicas, tanto en operación y aplicación del método eléctrico. Las fuerzas de separación son aplicadas directamente a la partícula misma, en lugar del flujo completo de gas como es común en los métodos de separación mecánica.

Los separadores electrostáticos son empleados, principalmente cuando deben depurarse grandes volúmenes de aire con poca carga de polvo y siempre que no exista riesgo de explosión.

El principio de la separación o precipitación electrostática se basa en hacer pasar el aire con polvo en suspensión por un campo eléctrico de ionización, en el cual las partículas sólidas toman una carga electrostática, por efectos de bombardeo y por difusión. Según las cargas, las partículas son atraídas por las placas que actúan de este modo de colectores de polvo y de las cuales se van separando por medios diversos, como por ejemplo el de vibración recogiéndolo finalmente en tolvas. Estas placas constituyen los electrodos negativos, mientras que los electrodos positivos de alta tensión son alambres o varillas metálicas, llamados elementos de emisión. Como características generales figuran las siguientes:

a) Se emplea la separación electrostática como complemento de la separación previa, con ciclones o con separadores de otros tipos.

b) Se emplea la precipitación electrostática en el campo del acondicionamiento de aire.

⁹ Control Techniques for Particulate Air Pollutants, National Air Pollution Control Administration, Pub. No. AP-51, U.S., 1969

c) Pueden separar partículas sólidas, líquidas o una mezcla de ambas si pertenecen al rango de 0.001 a 1 micra.

d) El polvo que entra al colector debe permitir ser ionizado, para que pueda ser colectado, por lo cual es conveniente de que los gases tengan cierto grado de humedad.

e) La posibilidad de adopción del método electrostático, para separación de un determinado polvo, depende de varios factores y entre ellos; las propiedades físicas del polvo, tamaño y resistividad.

f) Los costos de operación están en función de la energía continua que se suministra a los alambres de emisión.

3.3.-Propiedades de los separadores

Los principales factores que se deben tomar en cuenta para definir el tipo de separador necesario son:

- La influencia de las características del polvo
- La velocidad y volumen del aire
- La eficiencia requerida

Influencia de las características del polvo:

Entre las características del polvo que mayormente pueden influir en la elección del medio filtrante más adecuado, figuran: el tamaño, densidad, forma, inflamabilidad, volumen disperso, clase de polvo, estado higrométrico, temperatura de la corriente del aire, agresividad química, capacidad de aglutinación, la cual, a su vez, puede estar influenciada, no sólo por la clase de material sino por su grado de humedad e incluso por su comportamiento electrostático, toxicidad, carga de polvo por m³ de aire aspirado, la abrasividad, el método de limpieza de los filtros, etc.

Pueden influir además, en el estudio del problema la necesidad de recuperar todo el polvo, como es, por ejemplo, el caso ya señalado, de la aspiración en máquinas para la manipulación y acabado de metales y de algunas fabricaciones de productos farmacéuticos. Existen, así mismo, otras consideraciones de carácter práctico o económico, todas ellas más o menos relacionadas con las características del polvo.

Velocidad y volumen de aire

Velocidad del aire.

La corriente de aire que debe arrastrar el polvo desde el punto donde se produce hasta el separador que constituye su destino final se establece merced a una diferencia de presión existente entre aquellos dos puntos.

Esta diferencia de presión que origina la velocidad es producida por la acción del exhaustor y su magnitud variaría, entre otras cosas por el volumen de aire, por la sección, longitud, y forma de las tuberías y cámaras a través de las cuales ha de pasar y cuyas resistencias tienden a formar la velocidad de la corriente de aire.

Esta velocidad es uno de los puntos fundamentales en la aspiración y separación de polvo y su exacta determinación no siempre es fácil, debido a las múltiples causas ya citadas que intervienen frenándola, con intensidades variables de un caso a otro.

Contribuyen mayormente a las pérdidas de carga, el número, diseño, sección y localización de los codos, entronques y derivaciones existentes en el trazado de la canalización, así como la corriente de aire producida por la muela, disco, banda, etc. En el separador se producen otras pérdidas de carga debidas al elemento filtrante, principalmente cuando se emplean mangas. Las pérdidas en el caso de tejidos filtrantes, por ejemplo, pueden ser desde menos de 10 mm c.a., cuando la tela es nueva, o más de 100 mm c.a., cuando ha trabajado ya cierto número de horas. Sin embargo, la velocidad debe mantenerse a un nivel mínimo aceptable aún con las mayores pérdidas de carga, por encima de las cuales es ya inevitable limpiar el elemento filtrante, para reducirías, si no al valor que tenían cuando el tejido era nuevo, al menos para dejarlas en un valor medio de, por ejemplo, 20 mm c.a.

La velocidad del aire no es la misma en la capotas o campanas de aspiración que en los colectores y en el separador. En las capotas se estima que, en general, la velocidad debe mantenerse entre 8 y 10 m/seg y en los colectores entre 1200 y 1500 m/min. La velocidad del aire, al salir del separador no debe ser mayor de 12 a 14 m/seg y en algunos países existen reglamentaciones.

Como es natural, la velocidad puede ser la mínima en el caso de polvos ligeros y secos, como por ejemplo el aserrín de la madera, para los cuales es suficiente de 10 a 15 m/seg en los colectores; pero en el caso del polvo de las fundiciones puede ser necesario llegar a 24 m/seg. También puede influir la clase de polvo de algunos materiales plásticos que se adoptan altas velocidades, por ejemplo, 22 m/seg, a pesar del polvo de poco peso y sequedad de éste. Las velocidades en las capotas, tubos normales y derivaciones, difieren mucho en cada caso, como ya se ha dicho, debido a la gran variedad de diseños, dimensiones, etc, de aquellas partes.

Del acierto en establecer las velocidades del aire dependerá el que la aspiración y separación se lleven a cabo en condiciones aceptables. Estas velocidades las determinan en la práctica, el proyectista o constructor de los separadores, el cual dispone instalaciones piloto que le permiten efectuar ensayos previos con el mismo polvo a aspirar.

Volumen de aire.

El volumen de aire necesario viene dado principalmente por el número de capotes o puntos de captación en la zona donde se produce el polvo, sus dimensiones o abertura de boca, características del polvo, condiciones de trabajo, dimensiones del disco, muela de pulir o elemento directamente productor de polvo, etc.

Para la determinación correcta del volumen necesario en cada caso y, en particular, cuando se trata de casos difíciles o sin antecedentes, es preciso cierta experiencia y, además, nunca puede considerarse el volumen del aire como un factor aislado, pues la masa del aire deberá ser movida a una velocidad determinada, sin la cual aquel volumen sería inoperante.

Eficiencia requerida

La eficiencia requerida de los sistemas de aspiración y separación del polvo es otra consideración que, hay que tomar en cuenta para la selección adecuada del equipo que debe cumplir los requisitos siguientes:

a) Disminuir la concentración del polvo en el gas según la aplicación y estándares determinados.

b) Conservar su eficiencia de limpieza, la cual, debe ser virtualmente constante en todo el ciclo de operación.

c) Evitar interrupciones en su funcionamiento para limpiarla.

d) Satisfacer las condiciones ordinarias de bajo costo; durabilidad, bajo costo de operación y mantenimiento y mínimo espacio.

3.4.- Equipos complementarios

Se entiende por empleo de equipos complementarios a todos aquellos elementos mecánicos de aspiración, conducción y fuerza para que se pueda recolectar el polvo ambiental y llevar a cabo la reparación. Los elementos mecánicos que cooperan con los separadores para que se lleve a cabo la aspiración, conducción y finalmente la separación del polvo son:

- 1.- Tolvas o capotas de aspiración
- 2.- Canalizaciones o ductería
- 3.- Ventiladores

La FIGURA 5 muestra el principio del funcionamiento de las tolvas o capotas de aspiración.

3.4.1.- Tolvas o capotas de aspiración

Las tolvas o capotas constituyen la boca de la captación del aire, en el que se supone hallarse mezclado el polvo que se desea separar del ambiente, para conducirlo y precipitarlo en el separador.

El acierto en el diseño de una capota dará como resultado que la separación del polvo se obtenga en condiciones aceptables. En caso contrario aún con una velocidad y volumen de aire correctos puede quedar fuera de la acción de la corriente de aire de aspiración un fuerte porcentaje de polvo.

En el diseño de una capota, además de considerar el papel que desempeña la corriente de aire deberán de estudiarse, como factores importantes, las fuentes primarias generadoras de polvo, las condiciones bajo las cuales se produce y se esparce el polvo, la forma de trabajo del elemento productor de polvo y las características de la máquina.

En algunos casos, afortunadamente pocos, ha sido imposible diseñar una capota manteniendo equilibradas de manera aceptable las diversas exigencias. En estos casos no queda más solución que forzar, hasta el límite tolerable, la presión de aspiración y conformarse con rendimientos más bajos.

Las capotas deben limpiarse a menudo, por lo que es recomendable hacerlos accesibles y por ello, generalmente se componen de varias partes. Naturalmente, cuando la capota debe reunir condiciones mecánicas, ajenas a las propias de la captación del polvo, serán aquellas las que deberán tomarse más en cuenta. Así por ejemplo, las capotas que al mismo tiempo cumplen la función de guardas y protectores, deberán ser de acero y de una sección prescrita por las normas de seguridad que rijan tal efecto.

3.4.2.- Canalizaciones o ductería

Las canalizaciones deben conducir la corriente de aire a depurar desde la capota al separador.

No debe olvidarse que la resistencia de tuberías crece con el cuadrado de la velocidad; pero por otra parte, pretender resolver cualquier problema aumentando la velocidad, puede significar permanentemente un consumo excesivo de energía.

La canalización, tubería o colector óptimo es el que permite mantener los valores adoptados, sin pérdidas de carga apreciables, en cualquier punto de la canalización. Este objetivo no se alcanza casi nunca en su plenitud, pero es conveniente aproximarse a los valores óptimos y para ello, debe empezarse por recoger todos los datos de aspiración, máquinas o elementos que producen el polvo y plantear el problema sobre el plano de la nave donde se instalarán todos aquellos elementos.

El volumen de aire y su velocidad en cada capota, determinará a su vez el área del sector del colector correspondiente. Estos sectores exigen un colector general, cuya sección va aumentando a medida que va absorbiendo más sectores, hasta llegar al separador, cuya boca o bocas de entrada deberán tener un área igual a la máxima del colector general.

Por regla general, es preferible adoptar colectores cilíndricos, con los cuales resulta una velocidad de aire más uniforme y presentan una mayor facilidad para la limpieza, pero los colectores pueden ser rectangulares, calculando las secciones adecuadas en cada tramo para evitar las pérdidas excesivas por fricción.

Las canalizaciones son de chapa de aluminio o de acero galvanizado, pero pueden adoptarse muchos otros materiales y plásticos rígidos o flexibles. Las uniones entre colectores parciales y los generales es preferible hacerlas a través de manguitos de materiales flexibles, con el fin de compensar las pequeñas diferencias de alineación que puedan aparecer en el montaje, a

pesar de la supuesta exactitud de los planos de proyección, y además, para evitar la transmisión de ruidos a través del conjunto de tuberías.

Las canalizaciones han de poderse inspeccionar y limpiar a menudo, por lo que en cada tramo de unos 2 m es conveniente disponer de un registro. Es interesante hacerlos coincidir con los presupuestos puntos de acumulación de polvo, tales como curvas, desniveles, empalmes, etc..

La FIGURA 6 muestra los usuales problemas de acumulación y abrasión en las ducterías.

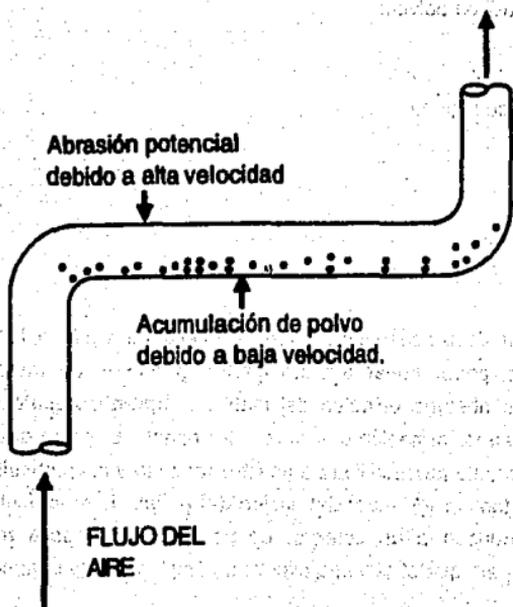
3.4.3.- Ventiladores

La razón por la que el aire fluye por los sistemas de control de polvos es debido a la instalación de una fuerza que la dirige, el ventilador. Los ventiladores de presión media se utilizan para crear diferencias de presión adecuadas al total de aire requerido para recolectar el aire cargado con polvo. El volumen del aire en movimiento se establece multiplicando la velocidad de captura de las tolvas por el área total de todas las tolvas.

Por ejemplo, supongamos que un sistema de control de polvos tiene 10 tolvas, cada una con un pie cuadrado y cada una requiriendo una velocidad de captura frente a la tolva, igual a 200 pies por minuto. En este sistema, se instalaría un ventilador de 2000 cfm. (10 tolvas x 200 pies por minuto por tolva x 1 pie cuadrado por tolva.)

Este ventilador, entonces, sería del tamaño adecuado para sobrepasar todas las "pérdidas" por fricción que se presentasen en el sistema, cada vez que el aire se moviese a través del ducto de trabajo, el equipo de separación, transiciones, etc. Los ingenieros calculan los descensos de presión anticipados durante el diseño de los sistemas.

FIGURA 6



Problemas de acumulación y abrasión en las ducterías¹¹

¹¹ Puede ocurrir una abrasión por polvo en los cambios de dirección. El polvo se acumula cuando la velocidad es muy baja.

3.5.- Equipo de control de polvos en una planta de pañales desechables

En la planta de pañales desechables se cuenta con los siguientes sistemas de control de polvos:

- Sistema de proceso
- Sistema de higiene

Sistema de proceso

El sistema de proceso es el que abastece de vacío a las líneas de producción para poder llevar a cabo ciertos procesos de transformación. Además de esto absorbe el polvo del material superabsorbente y pulpa de papel sobrante en la formación del núcleo del pañal. El polvo que alcanza a capturar el sistema de proceso llega a un filtro rotatorio y las partículas mayores se recirculan al tambor formador del núcleo del pañal. Las partículas que son filtradas se conducen a un colector de polvos común para realizar una separación final para que el aire sea expulsado limpiamente a la atmósfera.

Sistema de higiene

El sistema de higiene tiene la finalidad de capturar el polvo que se genera durante la producción de los pañales desechables. Para ello se colocaron unas tolvas en ciertas unidades consideradas como las principales fuentes primarias de generación de polvos.

Se provee a cada una de las tolvas "vacío" o "presión negativa". Este vacío genera una velocidad suficiente como para reducir la concentración de

polvo en el cuarto de conversión. Después de entrar a las tolvas, el aire con polvo flota a través de los ductos hacia el equipo de separación.

En términos generales, los ductos han sido diseñados para mantener una velocidad lo suficientemente alta para prevenir que las partículas de polvo se asienten y obstruyan los ductos u originen condiciones que puedan provocar una explosión. Así como la velocidad de captura, esta velocidad "mínima" varía con el tamaño, forma y propiedades aerodinámicas de las partículas de desecho. Los sistemas operan comúnmente a una velocidad de 3500 a 4000 pies por minuto. La ruta de los ductos y la longitud de los mismos también juegan papeles importantes para prevenir que se forme materia dentro de ellos. Un ducto redondo es empleado tanto como sea necesario en el lado "sucio" del equipo de separación para minimizar la originación del polvo. También, los cambios en la dirección se reducen para prevenir una abrasión excesiva. La abrasión se presenta más que nada en las coyunturas, en la Y's y en las aproximaciones a los orificios de balance. También se cuida mucho de no diseñar ductos de trabajo con velocidades que sean demasiado elevadas. Si la velocidad excede el diseño "máximo", la abrasividad del ducto de trabajo y de los ventiladores aumentan. Finalmente, velocidades altas aumentan la fricción del ducto, de ahí que se requiera más ventiladores con mayor potencia y por lo tanto un aumento en el consumo de la energía.

CAPITULO IV

OPERACION Y MANTENIMIENTO

4.1.- Procedimientos de operación y limpieza

Los procedimientos de operación se limitan prácticamente a colocar las materias primas en el lugar indicado y en el momento adecuado para garantizar la producción continua de los pañales. Naturalmente deben hacerse también una serie de ajustes y monitorear tanto las variables de calidad como las del proceso. En caso de que ocurra alguna falla se debe de encontrar inmediatamente la causa y solucionarla para continuar con la producción programada. Un aspecto muy importante de los procedimientos diarios de operación y un principio básico del mantenimiento del equipo (asunto del cuál se hablará posteriormente) es la limpieza. Para poder garantizar una operación continua y poder realizar un mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo el equipo debe conservarse totalmente limpio. Este aspecto es especialmente importante debido a la generación de polvo en el proceso de elaboración de pañales y a los riesgos que este polvo representa. Los procedimientos que a continuación se mencionan se refieren precisamente al manejo y alimentación de las materias primas y a la limpieza que debe realizarse para mantener el equipo operando en buenas condiciones.

4.1.1.- Cambio del costal del material superabsorbente

El material superabsorbente se recibe en costales con un peso aproximado de una tonelada. El manejo de esta materia prima se realiza mediante los montacargas y unos pollpastos que se encuentran por encima de

la unidad de alimentación del material superabsorbente. El procedimiento para realizar el cambio del costal es muy importante ya que es una causa frecuente de derrames de material superabsorbente que se llega a esparcir fácilmente en el módulo de producción.

Herramienta necesaria:

- Tijeras de punta roma

Equipo de protección personal:

- Zapatos de seguridad
- Tapones auditivos
- Faja
- Goggles
- Mascarilla (serie 6000)
- Candado individual¹

Procedimiento:

1.- Se bloquea la válvula de aire comprimido y se desactivan las cuchillas que cortan la parte inferior del costal. Ambos dispositivos se candadean para evitar que accidentalmente alguien los active mientras se está trabajando en la unidad.

2.- Se baja el costal vacío utilizando el polipasto diseñado para esto, y se desecha en el depósito de basura.

¹ El candado individual se anexa como equipo de protección personal, ya que se debe utilizar para asegurar que cualquier equipo energizado eléctrica-, hidráulica-, o mecánicamente sea deshabilitado y candadoado previo a realizar el trabajo.

3.- Colocar los extremos del costal lleno en los ganchos del polipasto y subirlo a una distancia aproximada de 10 cm del suelo para verificar que el costal esté bien sujeto.

4.- Con el polipasto subir el costal a una altura de 1.70 m aproximadamente.

5.- Desamarrar los cordeles y cortar la boquilla del costal sin posicionarse debajo de éste para hacerlo. Tener mucho cuidado de no dañar el plástico interior del costal.

6.- Con ayuda del polipasto subir el costal y colocarlo en la base de la tolva del sistema de alimentación. Verificar que la boquilla no vaya a ser cortada por las cuchillas.

7.- Una vez colocado el costal se restablece el aire de la válvula y la energía eléctrica para activar las cuchillas.

8.- Se accionan las cuchillas para que rompan la boquilla interior del costal.

9.- Se retira la tarima que soportaba al costal de material superabsorbente y se limpia cualquier posible derrame por pequeño que sea.

4.1.2.- Limpieza del colector de polvos

La limpieza del colector de polvos es también de suma importancia para garantizar la operación continua debido a que del funcionamiento adecuado del colector (eficiencia requerida y sistema balanceado) depende no únicamente la variable de presión negativa en ciertas unidades sino que además representa un control del polvo que puede repercutir negativamente en algunas unidades del proceso ocasionando atascos del producto o fallas mecánicas y eléctricas.

Esto aunado naturalmente a las exigencias de conservar el ambiente de trabajo libre de concentraciones de polvo nocivas para la salud.

Herramienta necesaria:

- Desarmador grande
- Extensión de 1/2"
- Matraca de 3/8" y 1/2"
- Dados de 15/16" y 1/2"
- Dado largo de 3/4"

Equipo de protección personal:

- Zapatos de seguridad
- Tapones auditivos
- Goggles
- Guantes de cuero
- Respirador de presión positiva
- Candado individual

Procedimiento:

- 1.- Preparar la herramienta, el equipo de protección personal y las lonas y tambos en cada una de las líneas de producción.
- 2.- Poner los filtros (lonas) a los tambos sujetándolos fuertemente con cinta gris.
- 3.- Subir los tambos preparados al techo del molino. Una persona lo jala desde el techo y la otra lo levanta y guía desde el piso.
- 4.- Avisar al operador para que pare la convertidora y los motores.

5.- Separar los tornillos o abrasaderas del ducto del colector de proceso (colector #1) que se encuentra arriba del molino y separar el ducto colocándolo suavemente en posición horizontal en el techo del molino.

6.- Colocar la parte libre del filtro (lona) en la saliente del ducto del molino y sujetarla con cinta gris.

7.- Avisar al operador que puede encender los motores y arrancar la línea.

8.- Realizar los pasos del 1 al 7 en cada una de las líneas.

9.- Apagar el ventilador del colector de proceso (colector #1) y las solenoides de la válvula rotatoria del colector #1 y candadear el interruptor del colector.

10.- Quitar los birlos de las compuertas superior e inferior lado sur de la tolva y abrir las compuertas. Esto lo deben realizar dos personas.

11.- Quitar las tuercas y separar la barra horizontal que mantiene la posición de los tubos de orificios, quitar las tuercas de los tubos, separar los tubos de su base y colocarlos donde no sean maltratados y tapan la base de los tubos utilizando cinta gris.

12.- Quitar las tuercas y separar las zapatas que fijan a los bastidores de la hilera de abajo.

13.- Sacar los bastidores y los filtros empezando por los bastidores y bajando los filtros en bolsas de polietileno.

14.- En la parte baja de la tolva dos personas sacarán el polvo en bolsas de polietileno y las personas de arriba revisarán que no quede polvo en el interior de la tolva.

15.- Dos personas limpiarán los filtros aspirándolos por ambos lados.

16.- Repetir los pasos 12, 13, 14, y 15 en las hileras de filtros 2,3 y 4.

- 17.- Una vez limpios los filtros se suben y colocan en los bastidores.
- 18.- Los bastidores con los filtros se colocan uno por uno en el interior del colector (de arriba a abajo).
- 19.- Se introducen las zapatas en los tornillos, se colocan sus respectivas rondanas y tuercas y se aprietan utilizando el dado y la matraca empezando de arriba a abajo.
- 20.- Aspirar el polvo existente en las bases de los tubos de orificios, quitar la cinta gris y aspirar el interior de las bases.
- 21.- Colocar los tubos de orificios en sus bases, dirigir los orificios hacia el interior de los filtros y colocar sus respectivas tuercas y apretarlas.
- 22.- Colocar la barra horizontal que mantiene los tubos de orificio en su posición.
- 23.- Hacer limpieza en toda la zona donde se haya trabajado.
- 24.- Colocar y apretar las rondanas (especiales) y los birlos.
- 25.- Repetir los pasos del 10 al 24 en el lado norte del colector.
- 26.- Hacer limpieza en los mesanines.
- 27.- Avisar al operador para que pare la convertidora y los motores.
- 28.- Quitar el filtro con el tambo, colocar el ducto original, fijarlo con sus tornillos o abrazaderas empezando por la parte superior.
- 29.- Avisar al operador para que encienda los motores y arranque la convertidora.
- 30.- Repetir el paso anterior en todas las líneas.

31.- Encender el ventilador de balance (ventilador de proceso y válvula rotatoria del colector #2) y válvulas solenoides.

32.- Separar las lonas de los tambos, aspirarlas y almacenarlas

33.- Limpiar las aspiradoras y los accesorios y colocarlos en el mueble correspondiente.

34.- Hacer limpieza general del área.

4.1.3.- Limpieza de derrames

El método preferido para la limpieza de derrames depende de la cantidad de material superabsorbente derramado y del lugar en el que haya ocurrido. El objetivo principal es limpiar el material derramado sin generar polvo durante la limpieza.

Cantidades grandes

Por ejemplo cuando ocurre un derrame de material superabsorbente debido a un costal roto, el grueso del material deberá ser recolectado con palas y colocado en recipientes adecuados para su desecho. Los empleados que realicen la limpieza deben usar equipo de protección personal apropiado. después de la recolección con palas, el material restante deberá ser limpiado usando aspiradoras (sistema central aspirado o portátiles equipadas con filtros de alta eficiencia).

Cantidades pequeñas

Todo el material superabsorbente derramado en el área de conversión deberá ser aspirado usando el sistema central o aspiradoras portátiles

aprobadas con filtros de alta eficiencia. Las aspiradoras portátiles deberán estar equipadas con forros de plástico que puedan ser amarrados antes de su desecho.

Material mojado

Los derrames que se hayan mojado bajo ninguna circunstancia deberán ser limpiados con el sistema central o aspiradoras portátiles, debido a la probabilidad de obstruir los sistemas de aspirado con material superabsorbente. El superabsorbente mojado deberá limpiarse usando palas y jaladores, hasta que permanezcan residuos pequeños únicamente. Los residuos deberán ser retirados usando trapeadores mojados. Se deberá tener cuidado para evitar resbalones o caídas al caminar en el material mojado. Se debe evitar que el material superabsorbente (mojado o seco) entre a los sistemas de drenaje.

4.1.4.- Eliminación de desechos

En base a la información generada por el extensivo programa de pruebas ambientales y la revisión de esa información, se hacen las siguientes recomendaciones en relación al desecho de desperdicios de la planta que contengan superabsorbentes.

Desecho de producto defectuoso

El desecho de producto defectuoso debe enviarse al área sanitaria actualmente usada, en el que se depositen el resto de los desperdicios de manufactura. Esta área debe operarse de acuerdo con los lineamientos de la Asociación de Protección del Ambiente. Como se indicó arriba, las áreas sanitarias que reciban desperdicios serán evaluadas para asegurar que son apropiados para el desecho a largo plazo de este material. Dada la importancia de los materiales superabsorbentes para el programa de pañales, es necesario

asegurarse que estos materiales no se conviertan en parte de problemas ambientales futuros en nuestras instalaciones de áreas sanitarias.

Material superabsorbente puro

Se recomienda que las cantidades grandes de material superabsorbente puro (más de 100 libras) no sean enviadas a las áreas sanitarias municipales o privadas. El método de desecho aconsejable para grandes cantidades de superabsorbente es la incineración en una instalación aprobada.

4.2.- Procedimientos de mantenimiento

4.2.1.- Sistema de inspecciones periódicas

El mantenimiento preventivo y predictivo se basa en inspecciones diarias del equipo. Con base en ellas se pueden no únicamente prevenir fallas en el equipo, dependiendo de las especificaciones del mismo; sino que con base en la información que se va obteniendo, se puede inclusive ampliar la vida útil de equipo y predecir con bastante exactitud el tiempo óptimo de mantenimiento para cada unidad. Esta teoría se aplica a cualquier equipo independientemente del objetivo para el cual ha sido diseñado. Con este principio se diseñan unas tarjetas de inspección para el equipo de control de polvos enfocadas a algunos partes críticas del equipo.

4.2.2.- Sistema de cambios en el equipo

Un aspecto muy importante en el manejo del equipo de control de polvos, es el de tener un estricto control de todas las modificaciones que se realizan al equipo para asegurar que el equipo se mantenga balanceado y en óptimas condiciones de trabajo. En caso contrario, no se tendrá un conocimiento de los cambios realizados y se gestarán fallas importantes en el funcionamiento del equipo, mismas que desencadenan una serie de problemas de operación, calidad y seguridad. Este aspecto es crítico ya que con un solo orificio adicional en una ductería de vacío para transportar el polvo, representa una variación de velocidad en otras tuberías conectadas al mismo sistema, que pueden generar atascos, mayor generación de polvo y un sinúmero de fallas encadenadas. El control estricto de los cambios es además tan importante para conocer en todo momento las variables y condiciones de trabajo; de lo contrario se perdería totalmente el control de las variables y por lo tanto el control del proceso en su totalidad.

4.3.- Equipo de protección personal

El equipo de protección personal es indispensable cuando los niveles de polvo se encuentran por encima de los límites máximos permisibles. En ocasiones existen ciertas áreas o actividades que por sus características presentan un riesgo a la exposición al polvo, y requieren que los empleados utilicen una protección respiratoria, aún y cuando se tengan instalados equipos de control de polvo. Bajo las condiciones de operación rutinarias de las líneas de producción, no es necesario que el personal de la línea use equipo de protección personal. El programa de protección respiratoria es intrínseco a cada planta en función de sus características y de los riesgos particulares que presente.

4.3.1.- Tipos de protección respiratoria

Existen esencialmente tres tipos de respiradores que pueden ser necesarios en las operaciones del material superabsorbente y polvos de papel.

Respiradores purificadores de aire con filtros de alta eficiencia (HEPA)²

Estos equipos son aceptables en la mayoría de las exposiciones que ocurren incidentalmente o en las operaciones normales, como la limpieza del molino, limpieza de derrames y manejo de los costales de material superabsorbente. Estos respiradores pueden ser tipo desechable, que no requieren un programa de mantenimiento, o semidesechables, que requieren que se cambien exclusivamente los filtros y que se asegure el buen uso y mantenimiento de las mascarillas.

Respiradores purificadores de aire energizados (PAPR)³

En caso de que las condiciones del equipo requirieran de un soplado controlado, este es el tipo de protección respiratoria recomendada. La mejor protección de los respiradores purificadores de aire energizados se obtiene con aquellos que operan en la modalidad de presión positiva. La experiencia ha demostrado que los respiradores purificadores de aire energizados también proporcionan protección adecuada en operaciones de alta polvosidad de material superabsorbente, como la limpieza del colector de polvo, siempre y cuando no se exceda la capacidad del sistema de filtración.

² High Efficiency Purifying Air

³ Powered Air Purifying Respirator

Respiradores con suministro de aire (SCBA)⁴

Este tipo de respiradores normalmente se requiere únicamente para operaciones polvosas, cuando las concentraciones de polvo son extremadamente altas como para ser filtradas efectivamente. Estas pueden ser unidades con líneas de aire, alimentadas mediante un compresor con filtros adecuados, para asegurar un aire respirable, o unidades autocontenidas con tanques de oxígeno cargados por el usuario. En cualquier caso, los usuarios potenciales deben ser entrenados anualmente sobre el uso correcto del equipo, incluyendo la forma de ajustarlo apropiadamente, y ser certificados por el médico de la planta como físicamente aptos para trabajar con ese equipo. Este equipo debe operar en la modalidad de presión positiva.

4.3.2.- Actividades que requieren el uso del equipo de protección respiratoria.

A continuación se presentan algunos ejemplos específicos de las áreas en las que puede requerirse equipo de protección personal y el tipo de equipo:

Alojamiento en el colector de polvos

Debido a la alta concentración esperada en el sistema central de colector de polvos, es necesario proporcionar equipo de protección completo, incluyendo trajes desechables "Tyvek" con caperuza, respiradores purificadores de aire energizados (PAPR) o respiradores con suministro de aire (SCBA), con careta completa (o goggles químicos si se usa un respirador de media careta), y guantes. Al terminarse la limpieza del colector, todo el equipo desechable deberá ser desechado apropiadamente, y el operador deberá ponerse ropas limpias antes de llevar a cabo trabajos adicionales. Si las ropas de calle o de trabajo normal se contaminan con material superabsorbente, deberán ser

⁴ Self Contained Breathing Apparatus

limpiadas usando la aspiradora apropiada. Bajo ninguna circunstancia deberá usarse aire comprimido para retirar el polvo de las ropas.

Alojamiento del molino de la convertidora

Debido a que el molino de la convertidora está diseñado para operar con las puertas cerradas (creándose así un ambiente de presión negativa), la operación del alojamiento del molino con las puertas abiertas impide el control del polvo en este lugar. Por esta razón, cualquier persona que abra las puertas del alojamiento del molino para cualquier propósito, incluyendo la limpieza de polvo, debe usar goggles químicos y un respirador con filtro de alta eficiencia (HEPA). Se deberá localizar cerca del área un gabinete de almacenamiento que conserve este equipo en buen estado de limpieza.

Manejo de materias primas

Durante la descarga de los costales de material superabsorbente de los camiones, se recomienda que los operadores tengan disponibles goggles y respiradores con filtro de alta eficiencia, en caso de que los supersacos tengan fugas al ser recibidos. Si los supersacos están aparentemente intactos, no será necesario el uso de equipo de protección personal en esta área.

El sistema de entrega central de material superabsorbente diseñado para los costales incluye las medidas de control apropiadas, con lo que la probabilidad de una exposición significativa es remota. No obstante, se deberán utilizar respiradores con filtro de alta eficiencia (HEPA) y goggles para el caso de que ocurriera un trastorno en el proceso.

Si se van a usar bolsas pequeñas de material superabsorbente en operaciones de corta duración, y van a ser adicionadas manualmente al sistema, el personal involucrado deberá usar protección respiratoria con filtros de alta eficiencia (HEPA), guantes y goggles. Si ocurren condiciones polvosas, también se deberán usar trajes desechables.

En las pruebas de control de calidad de materias primas

Se requerirá el uso de protección respiratoria con filtros de alta eficiencia (HEPA) y goggles durante la obtención de las muestras de los costales de material superabsorbente al igual que al hacer las pruebas de laboratorio, como los análisis de tamaño de partículas y la cantidad de material superabsorbente en los pañales.

Operaciones de limpieza

El personal que usa equipo de aspirado para limpiar derrames accidentales en el área de conversión no requerirá protección respiratoria o goggles. Sin embargo, si se derraman cantidades grandes (100 libras o más), se deberá usar protección respiratoria con filtros de alta eficiencia (HEPA) y goggles durante la operación de limpieza.

CAPITULO V

MUESTREO DE POLVO

5.1.- Generalidades

Los requerimientos para la vigilancia de la calidad del aire y la introducción de medidas de control más estrictas, asumen mayor importancia para limitar la contaminación del aire. El muestreo se lleva a cabo para identificar un problema de contaminación por polvo y la magnitud del mismo. Es el punto de partida para definir las estrategias que se deberán seguir para reducir la exposición de los trabajadores al polvo y es además la única forma de medir la eficacia de un programa de control de polvos.

Los muestreos de polvo pueden tener los siguientes objetivos:

- 1.- Determinar la composición química de los polvos
- 2.- Conocer la distribución de los tamaños del polvo
- 3.- Medir la concentración del polvo (total o respirable)

Dependiendo de la finalidad del muestreo se determina la instrumentación y método de análisis adecuado. A continuación se explican las diferentes técnicas de captación de polvos para realizar los muestreos en función de la finalidad que se persigue. Estas técnicas están estrechamente relacionadas con los métodos de análisis de la muestras, mismos que se describen posteriormente. Estas técnicas se fundamentan además en los mismos principios de operación de los equipos separadores de polvos. Realmente lo que se pretende con estas técnicas e instrumentaciones es separar el polvo del medio ambiente para poder analizarlo posteriormente. La principal diferencia radica en que estas técnicas de captación toman una muestra únicamente y no deben separar todo el polvo ambiental y además

deben, para el caso de un análisis cuantitativo medir perfectamente la cantidad de polvo separada.

5.1.1.- Técnicas de captación de polvos¹

En la industria se utilizan diferentes instrumentos para tomar las muestras del polvo en suspensión en el aire y hacer las mediciones, las cuales se pueden dividir en seis grupos principales, de acuerdo al funcionamiento de cada uno de ellos; éstos son a saber:

- La sedimentación
- La medición óptica
- La precipitación por colisión
- La filtración
- La precipitación eléctrica
- La precipitación térmica.

Sedimentación

En los instrumentos basados en este principio, las partículas de polvo se depositan sobre láminas de vidrio que pueden estar sin ninguna preparación o recubiertas por un adhesivo (vaselina); se exponen, en posición horizontal o inclinadas a la corriente de ventilación durante un período de 1 a 30 minutos, según la concentración de polvo. Este método se emplea únicamente para mediciones aproximadas y presupone concentraciones de polvo bastante grandes, el menor movimiento posible de aire y un largo período de muestreo; ya que debido a su reducida velocidad de sedimentación únicamente se depositan una pequeña parte de las partículas difundidas en el medio ambiente.

¹ García Ortega, Rosa Lidia. 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. pág. 33

También se utiliza este método para un análisis mineral aproximado y para descubrir la existencia de aglomeraciones bastante grandes de partículas.

Los tubos ranurados para la muestra por sedimentación se basan en el principio de que si una corriente laminar de aire cargado de polvo pasa por un tubo horizontal de sección rectangular, el polvo se va depositando regularmente sobre el fondo, según la velocidad de caída de las partículas.

Si se abre una ranura en el fondo del tubo, el polvo que cae se puede recoger en una planta giratoria y se puede medir su concentración según el tiempo transcurrido. Este instrumento puede funcionar varios días sin exigir cuidado alguno. Lleva consigo una bomba de velocidad constante que hace funcionar un acumulador y se puede montar en un filtro a fin de recoger para su análisis la mayor parte de las partículas respirables captadas.

Medición óptica

El Tyndaloscopio determina la cantidad de polvo que hay en el aire por la observación de la dispersión de un haz luminoso a través del polvo en suspensión. El haz luminoso atraviesa una cámara cuyas paredes son de vidrio negro, donde es dispersado por las partículas de polvo. La dispersión se observa con microscopio con un ángulo de 30° .

El haz ilumina la mitad del campo ocular; la otra mitad se ilumina por medio de un prisma giratorio. Regulando los prismas se puede reducir la iluminación dando la misma luminosidad a todo el campo ocular. El ángulo de rotación del prisma que necesita está indicado por un cuadrante graduado de 0 a 30° , con una exactitud de ± 0.10 . La calibración se efectúa con una fuente luminosa normalizada. Si se pasa de la escala de medición, se pueden insertar prefiltros que absorban la luz.

Estos instrumentos de medición óptica tienen el inconveniente de que no se puede confiar en los resultados obtenidos si no se poseen datos acerca de la composición mineralógica del polvo. Si se puede establecer la composición mineralógica del polvo y la distribución de tamaños es invariable, las cifras

Indicadas por el instrumento serán proporcionales al número, a la masa y a la superficie de las partículas respirables de media micra.

Precipitación por colisión

En los instrumentos basados en el principio de la colisión el aire cargado de polvo es lanzado en forma de chorro contra un obstáculo. El cambio súbito de dirección de la corriente de aire y de la velocidad de las partículas hace que éstas caigan y al caer se les recoge sobre una placa cubierta por un adhesivo. Dentro de este grupo hay dos tipos de aparatos de acuerdo a su forma de recolectar el polvo, que son los de recolección en húmedo y en seco. Entre los instrumentos de este tipo podemos mencionar los siguientes: Midget - Impinger², Midget - Scrubber³ y Conímetros⁴.

Filtración

Se cuenta con muchas clases de instrumentos de filtración y su mayor uso se encuentra en la industria; se caracterizan por tener un elemento filtrante que retiene el polvo, los filtros pueden ser de papel, tetracloruro de naftaleno, éster o nitrocelulosa. Este método es de gran utilidad, para la captación de partículas radioactivas que emiten rayos alfa, porque penetran en la membrana del filtro y hay menos absorción de la radiación.

Precipitación eléctrica

Los instrumentos de toma de muestras basados en este principio se pueden utilizar con buenos resultados cuando en la atmósfera no existen gases inflamables y no hay riesgo de una explosión. El polvo se deposita directamente

² *ibid.* pág. 36

³ *ibid.* pág. 37

⁴ *ibid.* pág. 39

en las láminas de cristal que pueden ser examinados con el microscopio. Son de alto rendimiento para las partículas menores a 5 micras.

El aparato de toma de muestras electrostático consiste en un tubo de metal que a lo largo de su eje está una varilla también de metal; el tubo es un electrodo colector y la varilla que recibe una corriente continua de entre 13 y 20 kV, constituye el electrodo ionizante. El aire pasa a través del tubo a razón de 3 pies por minuto aproximadamente, creándose la corriente por medio de un ventilador eléctrico. De esta forma las partículas de polvo en suspensión en el aire se cargan de electricidad al pasar por el tubo, depositándose en su superficie por efecto del campo electrostático. Un ejemplo es el Filtro Fussel⁵.

Precipitación térmica

La precipitación térmica se basa en el principio de que las partículas de polvo finas no pueden penetrar en el espacio que rodea a un cuerpo caliente, espacio en el cual se produce un gradiente térmico muy marcado. Las partículas de polvo se depositan en el mismo estado en que se encontraban en suspensión en el aire. No experimentan ningún cambio brusco, a menos que se presenten como núcleos de pequeñas gotas de neblina, caso en el cual la evaporación del agua puede influir sobre su posible nocividad.

5.1.2.- Métodos de análisis

El análisis de las muestras está en función de la finalidad del muestreo, misma que define el método de captación y la instrumentación adecuada. Existe una variedad de métodos analíticos, (físicos, químicos y fisicoquímicos) para determinar la composición y/o concentración del polvo ambiental. En este caso, en una planta de pañales desechables, se realizan los muestreos para

⁵ *ibid.* pág. 43

determinar la concentración del polvo ambiental, ya que la composición química de la pulpa de papel y del material superabsorbente, es ampliamente conocida. Los métodos de análisis cuantitativos utilizados son:

Método gravimétrico

Este procedimiento físico de análisis se fundamenta en pesar la muestra, a partir de la cual se calcula la concentración del polvo en miligramos por metro cúbico. El método gravimétrico permite calcular una cifra exacta de la concentración de polvo total o respirable dependiendo del método y dispositivo de captación utilizado.

Método analítico

El método analítico puede realizarse empleando diferentes técnicas. Normalmente estas metodologías permiten no únicamente determinar la composición química de los polvos, sino además determinar la concentración de los mismos. En este caso se utiliza principalmente para determinar la concentración del material superabsorbente, a diferencia del método gravimétrico que permite determinar únicamente la concentración de la mezcla de componentes que forman el polvo (material superabsorbente y pulpa de papel principalmente). La técnica más empleada es la absorción atómica. Se fundamenta en el análisis del sodio. Conociendo la cantidad de sodio y la relación estequiométrica del sodio y el material superabsorbente (poliacrilato de sodio) se llega a determinar la concentración de material superabsorbente en el medio. Se puede conocer la concentración de polvo de material superabsorbente total o respirable dependiendo del dispositivo de captación utilizado.

5.1.3.-Tipos de muestreo

Para obtener la información completa acerca de la contaminación por polvos es necesario realizar los siguientes muestreos:

Muestreo personal

El muestreo personal permite conocer la exposición real que tienen los trabajadores al polvo para compararla con el Lineamiento de Exposición Ocupacional⁶. Los lineamientos de exposición ocupacional se definen a partir de los riesgos a la salud que presentan dichos polvos, cuyos umbrales de confianza ya se mencionaron en un subcapítulo referido a los riesgos potenciales de los polvos. Los muestreos personales se realizan para las diferentes posiciones de trabajo que están relacionadas con el manejo de sustancias polvosas o que se encuentran en una area contaminada por polvo.

Muestreo por area

El muestreo por area permite identificar las fuentes primarias y secundarias generadoras de polvo, determinar si el equipo de control de polvos está funcionando correctamente y evaluar el impacto de los cambios realizados en el proceso, equipo o materia prima utilizada.

⁶ El Lineamiento de Exposición Ocupacional define el límite máximo permisible por debajo del cual se considera controlado el nivel de polvo. Para la planta de pafales se basa en el polvo respirable del material superabsorbente cuyo valor es de 8 µg/m³. Cuando el valor calculado del Límite Superior de Control es menor al límite máximo permisible se dice que las exposiciones se encuentran dentro del Lineamiento de Exposición Ocupacional.

5.1.4.- Factores de control

Antes de realizar un muestreo se tiene que efectuar una evaluación del lugar de trabajo y un análisis de las posibles fuentes generadoras de polvo y de las medidas de control con las que se cuenta. Este análisis preliminar tiene la función primordial de definir la instrumentación adecuada basada en el tipo de muestreo a realizarse, las características físicas y químicas del polvo, los métodos de análisis para conocer la concentración de polvo y la facilidad de acceso a los recursos necesarios.

Para llevar a cabo un muestreo controlado independientemente del tipo de muestreo que se tiene pensado realizar, se deben definir los siguientes factores:

- Lugar de muestreo o posición del trabajador
- Duración del muestreo
- Número de muestras
- Frecuencia de muestreo

Lugar de muestreo o posición del trabajador⁷

Este factor determina dónde o a quién colocarle el instrumento de medición dependiendo del tipo de muestreo que se piensa realizar.

El lugar de muestreo se determina para conocer la magnitud de la generación de polvo en algunas unidades previamente identificadas durante el análisis preliminar, o para identificar nuevas fuentes de generación de polvo. Las muestras deben colocarse en lugares estratégicos para poder diferenciar el polvo existente en el aire del polvo generado por una fuente en particular.

⁷ García Ortega, Rosa Lidia. 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México., pág. 29.

La posición del trabajador para la cual se quiere determinar la exposición real al polvo también es de suma importancia. Para realizar el muestreo personal, el trabajador trae consigo durante todo el turno el instrumento de medición procurando que el aparato capte el contaminante en forma parecida a la exposición personal. Normalmente se determinan las posiciones que están más expuestas al polvo.

Duración del muestreo⁸

La duración del muestreo depende principalmente del tipo de muestreo que se piensa realizar y de las características del instrumento que se va a utilizar. En el caso del muestreo personal, la duración del mismo debe corresponder al turno de trabajo para poder equiparar realmente los niveles de exposición del trabajador con el Lineamiento de Exposición Ocupacional. Es muy importante considerar que el trabajador no está normalmente en un sólo lugar, sino que se mueve dentro de una área de trabajo y en ocasiones cambia de lugar donde las concentraciones de polvo varían sustancialmente. A menos que el muestreo se realice durante toda la jornada, los resultados obtenidos no serían representativos de la exposición real de los trabajadores.

En el caso del muestreo por área, la duración de muestreo es variable dependiendo del estudio que se pretenda realizar. Los factores principales son:

- La naturaleza del proceso: el proceso puede ser continuo, semi-continuo o intermitente.

- El instrumento de medición: el funcionamiento del instrumento y sus características de diseño definen en ocasiones la duración apropiada del muestreo.

⁸ ibid. pág. 30.

- El tipo de análisis: el tipo de análisis determina también la duración necesaria del muestreo en función de las propiedades físicas y químicas del polvo.

- Las condiciones ambientales: el medio ambiente y las condiciones particulares que se presentan en el área de trabajo son también determinantes en la duración del muestreo, como podría ser una aplicación diferente de una materia prima o un cambio en el proceso.

Número de muestras

El número de muestras está en función del tipo de estudio que se vaya a realizar. Si es un estudio extraordinario se procura poner suficientes muestras para aumentar así la confiabilidad de los resultados. Si es un estudio rutinario el número de muestras se define en relación a las posiciones de trabajo previamente determinadas y a una población estadísticamente representativa.

Frecuencia de muestreo

La frecuencia de muestreo dependerá de los resultados de los muestreos anteriores y de los cambios que se realizan en el proceso y en la producción. Considerando un proceso estable y cuando los niveles de exposición se encuentran debajo del Líneamiento de Exposición Ocupacional, la frecuencia de un muestreo personal debe ser dos veces al año.

El muestreo por área debe efectuarse cada vez que existe un cambio en la materia prima o en el proceso. Esto con el fin de evaluar precisamente los cambios realizados. En ocasiones también se realizan muestreos continuos en fuentes críticas de generación de polvos, donde las fluctuaciones son considerables y determinantes para el proceso y el control de contaminantes.

5.2.- Normatividad

La normatividad en este caso se refiere a las normas o reglas que se deben seguir o a las que se deben ajustar las industrias que produzcan polvo. Existen prácticamente dos tipos de reglamentaciones estipuladas por las autoridades federales en materia de control de la contaminación por polvos.

La primera de ellas está orientada a la protección de la salud de los trabajadores y empleados de la industria. Es decir, determina los requisitos que deben cumplir las empresas para garantizar un ambiente laboral saludable e higiénico que no repercute en la integridad física, mental y emocional de los empleados. La autoridad competente que regula las condiciones laborales en materia de seguridad e higiene industrial es la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS).

La segunda reglamentación está orientada a mantener un medio ambiente limpio y sano fuera de los límites físicos de la industria en cuestión, para garantizar la salud y el bienestar de toda la población. Es de todos conocido que la contaminación generada en una industria se puede extender en gran medida, afectando así primeramente a la población localizada en la misma zona hasta llegar a afectar a la mayor parte de la población e inclusive al mundo entero, dependiendo de la magnitud y del potencial de contaminación de la industria. La autoridad competente para llevar este tipo de control es la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), antes Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

5.2.1.- Normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS).

La normatividad relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo tiene su origen en la Constitución Política, en el Artículo 123 Constitucional, cuyas Fracciones XIV y XV establecen:

Fracción XIV⁹

Los empresarios serán responsables de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patrones deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simplemente la incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá en el caso que el patrón contrate el trabajo de un intermediario.

Fracción XV¹⁰

El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, y del producto de concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán al efecto, las sanciones procedentes en cada caso.

En estas dos fracciones queda establecido que los patrones son los responsables de las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

Esta responsabilidad se sustenta nuevamente en la Ley Federal del Trabajo.

⁹ Ley Federal del Trabajo, 1986. Séptima edición. Secretaría de Trabajo y Previsión Social, pág. 14.

¹⁰ *ibid.* pág. 15.

Título Cuarto

El Título Cuarto es relativo a los Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y de los Patrones. En el Capítulo I, en las fracciones XVI, XVII y XVIII se mencionan las diferentes disposiciones que tienen que cumplir los patrones en materia de seguridad e higiene para prevenir los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.

Título Noveno

El Título Noveno de la Ley Federal del Trabajo es relativo a los Riesgos de Trabajo, cuyo Artículo 512, trata los conceptos de riesgos, accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, incapacidades, indemnizaciones, sanciones y establece que se deberán de tomar las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que éste se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores. De igual forma se presenta una tabla de enfermedades profesionales donde un apartado está dedicado a las enfermedades por la inhalación de polvos. Finalmente se muestra una tabla de valuación de incapacidades debidas a los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. El Artículo 527, habla del adiestramiento de los trabajadores relativos a la seguridad e higiene en el trabajo.

Partiendo de estos instrumentos legales surge la necesidad de escribir el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, reglamento que estipula las normas específicas para cumplir con lo establecido en la Constitución y la Ley Federal de Trabajo y que está regido por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. El Título Octavo, Capítulo I sustenta en forma específica la necesidad de adoptar medidas de control cuando los contaminantes rebasan los límites máximos permisibles en los centros de trabajo. Los Artículos 136 al 139 mencionan estas posibles medidas de control.

Existe también una norma para cada factor de riesgo que pudiese existir en una empresa.

En materia de control de contaminantes por polvos rige la norma NOM-010-STPS, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

La norma establece: el campo de aplicación, los requerimientos de los patrones y de los trabajadores, los requisitos del reconocimiento, evaluación y control de los contaminantes así como las definiciones de contaminación del ambiente, nivel máximo permisible y polvo respirable. En los apéndices de la norma se define cómo calcular el nivel máximo permisible y una serie de tablas relativas a los contaminantes más comunes. Se aclaran también algunos conceptos básicos para realizar los muestreos de polvo, mismos que ya están considerados en el trabajo.

5.2.2.- Normas de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) ahora Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología publica en enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente¹¹.

Título Primero

En el Título Primero se mencionan las disposiciones generales. El Capítulo I establece las normas preliminares, cuyo Artículo 1, fracción VI establece la necesidad de la prevención y control de los contaminantes del aire, agua y suelo. El Artículo 3 establece algunas definiciones importantes para el contexto entre las que destacan: ambiente, contaminación, contaminante, control, desequilibrio ecológico, impacto ambiental, prevención, residuos

¹¹ Gaceta Ecológica, 1989. México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Vol. I. Num. 1. pág. 2-31.

peligrosos, entre otras. Posteriormente en el Capítulo III se habla de las atribuciones de la Secretaría y la coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública federal, cuyo Artículo 10 establece que corresponde a la Secretaría llevar a cabo las acciones de prevención y el control de la contaminación atmosférica generada en las actividades industriales, en la zona conurbada al Distrito Federal. El Capítulo V habla acerca de los Instrumentos de Política Ecológica y en la Sección V se habla específicamente de la evaluación del impacto ambiental. El Artículo 28 establece que las obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal por medio de la Secretaría, y al cumplimiento de los requisitos que se les impongan una vez estudiado el impacto ambiental que pudieran originar. El Impacto ambiental será evaluado por la Secretaría al tratarse de ciertas materias según el Artículo 29 o por las entidades federativas y los municipios para las materias no comprendidas en ese artículo. Para la obtención de la autorización a que se refiere el Artículo 28, los interesados deberán presentar ante la autoridad correspondiente una manifestación del impacto ambiental así como se estipula en el Artículo 32. Una vez evaluada la manifestación del impacto ambiental la Secretaría o entidad federal dictará la resolución correspondiente.

Título Cuarto

En el Capítulo I del Título Cuarto correspondiente a la protección al ambiente, se habla específicamente de la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Artículo 110: Para la protección de la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I: La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país, y

II: Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Artículo 111: Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera la Secretaría expedirá las normas técnicas ecológicas especificando los niveles permisibles de emisión

Título Sexto

Finalmente en el Título Sexto se establecen las medidas de control, de seguridad y de sanciones.

Con base en la Ley mencionada se establece así mismo el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera¹².

Capítulo II

El Capítulo II habla de la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes fijas. En este caso se empieza a hacer una diferenciación entre los diferentes contaminantes emitidos a la atmósfera. El Artículo 16, establece que las emisiones de cualquier tipo, entre las que se mencionan las partículas sólidas, no deben exceder los niveles máximos permisibles. El Artículo 17 define que los responsables de las fuentes fijas estarán obligados a: (I) emplear equipos y sistemas de control, (II) integrar un inventario de emisiones, (III) instalar puntos de muestreo, (IV) medir emisiones, (V) realizar un monitoreo perimetral, (VI) llevar una bitácora de operación, (VII) dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos y (VIII) dar aviso a la Secretaría en caso de falla de algún equipo de control. Los Artículos 18 y 19 hablan de todo lo relativo al trámite de licencias de funcionamiento. El Artículo 20 precisa los requisitos de muestreo en caso de que se otorgue la licencia. El Artículo 21 se refiere a la obligación del responsable de la fuente fija de remitir una cédula de operación a la Secretaría. Los artículos restantes del

¹² Gaceta Ecológica, 1989. México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Vol. I. Num. 1. pág. 2-31.

mismo capítulo se refieren a algunas especificaciones en relación a la cédula, sus modificaciones, las especificaciones de los ductos y chimeneas y condiciones de seguridad de las plataformas de muestreo.

Capítulo V

El Capítulo V se refiere a las medidas de control, seguridad y sanciones en caso de la falta de cumplimiento de este Reglamento.

Una vez establecidas las bases, se establecen las normas específicas, que determinan los niveles máximos permisibles de emisión de partículas sólidas y los procedimientos para realizar los muestreos ambientales y calibrar los equipos de muestreo. Así contamos con dos normas técnicas ecológicas en materia de control ambiental por contaminación de polvos, expedidas según los siguientes acuerdos:

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica, NTE-CCAT-009 /88¹³ que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Acuerdo por el que expide la Norma Técnica Ecológica NTE- CCAM-002 /91¹⁴, que establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición.

¹³ Gaceta Ecológica, 1990. México. Secretaría de Desarrollo Social. Vol. II. Num. 12. pág 2, 10.

¹⁴ Gaceta Ecológica, 1991. México. Secretaría de Desarrollo Social. Vol. III. Num. 18. pág. 3-17.

5.3.- Procedimiento de muestreo

Los dos tipos de polvo que se manejan en una planta de pañales desechables, como ya se mencionó son: la pulpa de papel y el material superabsorbente. Los muestreos se pueden llevar a cabo siguiendo dos métodos diferentes, dependiendo del interés particular para el cual se está muestreando.

El muestreo de polvo siguiendo el método gravimétrico se realiza para determinar la concentración de polvo total o polvo respirable, dependiendo del tipo de instrumento que se piense utilizar, a partir del peso total de la muestra de pulpa de papel y de material superabsorbente.

El muestreo de polvo siguiendo el método analítico se realiza para determinar la composición y/o la concentración del polvo total o del polvo respirable. En el caso de la planta de pañales desechables se utiliza este método para determinar la concentración del material superabsorbente exclusivamente.

El límite de detección del método del electrodo de ion selectivo para análisis de material superabsorbente (método de sodio) es actualmente 2 ug (.002 mg) de superabsorbente. El método de sodio está sujeto a contaminación por todas las fuentes de sodio en el ambiente. El manejo correcto es altamente importante para evitar contaminación. De tocarse la superficie interna del filtro o la tapa del frasco con las manos, se ocasionaría contaminación de sodio.

Utilizando ambos métodos se puede determinar tanto la concentración de polvo total como la concentración de polvo respirable. La diferencia de estos muestreos radica en la utilización del ciclón para captar únicamente el polvo respirable. El método de preparación de las muestras es idéntico con la diferencia que para el caso del polvo respirable la bomba se conecta al ciclón, mismo que contiene el filtro de captación, mientras que para el polvo total la bomba se conecta directamente al filtro de captación.

La determinación de la concentración del polvo respirable es de mucho mayor utilidad, ya que los riesgos potenciales de la exposición al polvo se deben precisamente al polvo respirable, o sea a aquellas partículas suspendidas menores a 8 micrones, mismas que penetran a los pulmones.

En la medida que se conozca la concentración de polvo respirable y se apliquen las medidas de control necesarias disminuirémos en la misma o mayor proporción la concentración de polvo total.

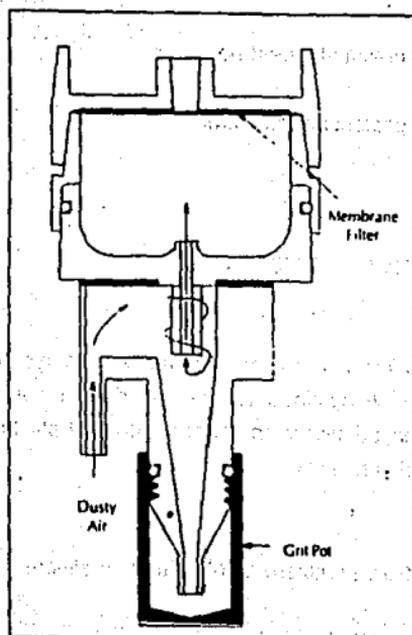
5.3.1.- Equipo de muestreo

El equipo de muestreo que se presenta está diseñado para realizar los muestreos personales, debido a su tamaño reducido. Sin embargo también se puede utilizar para realizar los muestreos por area ya que no se requiere estar monitoreanado el polvo en forma continúa. El método de captación utilizado es la filtración, mediante la succión del aire a través de un pequeño filtro. La planta cuenta actualmente con el siguiente equipo:

- 5 Bombas de vacío, SKC, tipo intermedio, No. de catálogo 224-PCXRK5
- 5 Mangueras con soportes para los cassettes con filtros.
- 5 Triples
- 5 Ciclones
- 1 Cargador múltiple SKC
- 1 Calibrador A.P. BUCK
- Filtros miliporos de 37 mm, 0.8µm MCE

Como ya se mencionó, el único equipo que hace la diferencia entre un muestreo de polvo total y un muestreo de polvo respirable, es el ciclón. Este ciclón funciona bajo el mismo principio que los ciclones descritos en el Capítulo III. Es un dispositivo simple de separación, que está diseñado para captar únicamente las partículas menores a 8 µg. El resto de las partículas sedimentan en la base del ciclón. Si no se utiliza el ciclón, todo el polvo succionado penetra al cassette y es retenido por el filtro.

FIGURA 7



Corte transversal del ciclón de muestreo GBI¹⁵

La FIGURA 7 muestra un corte transversal del ciclón utilizado para captar exclusivamente el polvo respirable.

El muestreo de polvo independientemente del polvo que se pretenda captar y del método de análisis que se piense utilizar consta de tres etapas:

- Preparación previa al muestreo
- Muestreo
- Tratamiento posterior al muestreo

5.3.2.- Preparación previa al muestreo

La mayoría del trabajo previo al muestreo incluye la preparación de los cassettes de filtros. A continuación se describe la operación de desecado, pesado y colocación de filtros en un cassette. Esta preparación la puede realizar un laboratorio analítico.

Desecado (No se requiere en el método analítico)

* Vacíe una cantidad de gel de sílice no indicador para cubrir el fondo del desecador, a una profundidad de aproximadamente 1/4" a 3/8".

* Añada una cantidad pequeña de gel de sílice indicador en la parte superior del gel de sílice no indicador.

* Cambie el gel de sílice cuando el gel de sílice indicador cambie de color.

* Almacene un paquete de medio de filtrado abierto (caja externa retirada y cubierta de plástico abierta) en un desecador durante 24 horas cuando menos, hasta que se preparen las muestras.

Calibración y mantenimiento de la balanza (No se requiere en el método analítico)

- * La balanza debe tener una precisión de cuando menos 0.01 miligramos (0.00001 g).
- * La balanza debe ser calibrada al inicio de cada sesión de pesado usando la característica de calibración interna.
- * La balanza debe ser sometida a revisiones de calibración cuando menos anualmente usando pesos externos, en adición a la limpieza y mantenimiento preventivo.
- * Todas las balanzas recién instaladas deberán ser sometidas a una evaluación inicial de preparación por recursos calificados de la planta o del proveedor.

Ensamblaje del filtro (No se requiere en el método analítico)

- * Use cassettes de dos piezas (si el ensamblaje del cassette viene como unidad de tres piezas, deseche la pieza central). Coloque un respaldo de celulosa en la pieza del fondo del cassette.
- * Se debe proporcionar a cada filtro (y al cassette correspondiente) un número de identificación único. Muchas plantas anotan este número en el fondo del respaldo en adición a etiquetar el cassette. La planta puede usar cualquier sistema de numeración adecuado para identificar y localizar las muestras. Registre este número en la forma de registro de datos.
- * No se requiere el uso de un eliminador de electricidad estática para retirar la carga de estática del filtro. Los filtros de teflón recomendados son virtualmente a prueba de estática.
- * Usando fórceps o pinzas, retire un filtro de su paquete original. El filtro no debe ser tocado con las manos, ni debe dejarse caer. Si ocurre cualquiera

de estas dos cosas, o si tiene alguna razón para sospechar contaminación, deseche el filtro. Los divisores de papel encerado que separan los filtros deberán ser desechados.

- * Usando pinzas, coloque el filtro cuidadosamente en el centro de un platillo de balanza limpio y péselo al 0.01 mg (ó 0.00001 g) más cercano. Espere a que la balanza se estabilice para registrar la lectura. La lectura se estabiliza cuando aparece la letra "g" a la derecha de la lectura, y cuando no cambia durante 10 segundos. Esto normalmente toma entre 15 y 20 segundos después de que el filtro se coloca en el platillo. (No se requiere cuando se muestrea material superabsorbente únicamente).

- * Registre en gramos el peso del filtro en la forma de registro de datos. Después de pesar, retire el filtro del platillo de la balanza usando pinzas.

- * Colóquelo en un cassette que ya tenga instalado el respaldo de celulosa. Coloque el filtro HACIA ARRIBA (como se encontraba en el paquete del filtro) Si el filtro está aparentemente dañado en cualquier forma, debe ser desechado. No deberá tener presente dobleces, roturas o arrugas.

- * El cassette es ensamblado, presione todo el ensamblaje firmemente para asegurar un sellado hermético alrededor de la orilla del filtro. Inspeccione la orilla externa del cassette para asegurar que se haya mantenido un sellado hermético. Se ha encontrado que si se retrasa el tiempo antes del muestreo, la presión en el plástico puede abrir los cassettes. Para solucionar este problema y evitar fugas en el filtro, todos los cassettes que hayan sido ensamblados previamente deben ser presionados firmemente de nuevo antes del muestreo.

- * Selle el cassette envolviéndolo con cinta adhesiva de una pulgada de ancho. Asegúrese de que las costuras queden completamente cubiertas. Coloque los tapones apretadamente en la admisión y salida.

Calibración de las bombas

* Asegúrese de que todas las bombas estén completamente cargadas. Normalmente aproximadamente 16 horas de carga permitirán que la bomba opere durante 8 horas.

* Encienda las bombas y permita que operen durante 5 minutos aproximadamente en una área limpia (por ejemplo, oficina) que haya sido asignada para procedimientos de calibración.

* Coloque un rotámetro de precisión o medidor de burbujas electrónico en el cassette de calibración con un tramo de manguera y un acoplador. El cassette de calibración es preparado exactamente igual que los cassettes del muestreo. El cassette de calibración puede ser usado para varias calibraciones, siempre y cuando se mantenga libre de contaminación y los tapones de los extremos sean insertados en el cassette cuando no esté siendo usado.

* Si se usa un rotámetro, ajuste el flujo de la bomba usando un desarmador hasta que el flujo sea de 2.3 litros por minuto (de acuerdo con la gráfica del rotámetro), es decir, el límite superior del flujo de la bomba que esté usando. Si se usa un medidor de burbujas electrónico, ajuste el flujo hasta que la lectura se encuentre en 2.3 (lpm) litros por minuto. Se recomienda que se tomen tres lecturas, y que se anote el promedio de las tres en la forma de registro de datos. Anote la velocidad de flujo en la forma de registro de datos a la centésima más cercana. Mantenga un registro de las lecturas de calibración.

* Apague la bomba después de la calibración y substituya el cassette de calibración con el cassette del muestreo.

5.3.3.- Muestreo

Los aspectos más importantes en la recolección de muestras de polvo son: la colocación correcta del ensamblaje del filtro de muestreo y mantener el

registro de toda la información esencial. La información que es necesario registrar incluye: tipo de material superabsorbente, velocidad de la línea, eficiencia de la línea y cualquier otra observación que pudiera ser importante en relación a las condiciones de operación. Las muestras personales serán recolectadas por un período de un turno (generalmente un mínimo de 7 horas).

Las muestras de área pueden ser tomadas con bombas de vacío/orificios de flujo crítico (operando a 10 litros por minuto), o con bombas de muestreo personal (operando a 2.3 litros por minuto). Cualquiera puede ser colocada en trípodes o en el equipo de la línea de conversión. La colocación de las bombas en el equipo de la línea de conversión ha demostrado que permite una menor interferencia del operador en comparación con el uso de trípodes. Se recomienda antes de muestrear, ensamblar todo el equipo necesario y asegurarse de que esté funcionando correctamente. Es indispensable una interferencia mínima con las condiciones de operación normales para un monitoreo seguro de la exposición.

Posiciones del muestreo

Las posiciones más críticas para el muestreo personal son:

- Operador de línea
- Operador del molino
- Técnico de calidad

Puntos de muestreo

Los puntos más críticos para el muestreo por área son:

- Sistema dosificador del material superabsorbente
- Bandas transportadoras entre la caseta del molino y la unidad de compresión
- Unidad del primer corte
- Rodillos de tracción

Colocación de las muestras

* Notifique a todos los trabajadores que usarán bombas, de forma que todos estén presentes al momento en que las bombas vayan a ser activadas.

* Para el muestreo personal, coloque la bomba en el trabajador cuya exposición será muestreada y active la bomba. Anote la hora exacta en que se activó la bomba en la forma de registro de datos. Registre el nombre del trabajador y el número de identificación en la forma de registro de datos.

* Para el muestreo personal, coloque las bombas de forma que no interfieran con los movimientos del trabajador. Esto generalmente significa colgar la bomba en el cinturón del trabajador, en la espalda. Pida al trabajador que le ayude a identificar el mejor lugar. Lleve consigo cinturones extra para los trabajadores que no cuenten con uno.

* Para el muestreo personal, coloque la manguera a lo largo de la espalda del trabajador y pase la línea de muestreo sobre el hombro hacia el área de la solapa. Use mangueras cortas para los trabajadores de poca estatura y mangueras largas para los trabajadores altos. Asegure cuidadosamente la línea a la ropa en varios puntos usando los clips colocados en la manguera. Asegúrese de que la conexión de la manguera que sale de la bomba esté recta y que no sea probable que se enrosque.

* Para el muestreo por área, asegúrese de que todas las extensiones y conexiones eléctricas de las bombas estén debidamente aseguradas al piso con cinta adhesiva y que no constituyan un peligro de caída.

* Para el muestreo por área, la admisión del cassette deberá estar señalando hacia abajo, en un ángulo de 35 grados aproximadamente. Si el cassette de la muestra no encaja seguramente en los trípodes del muestreo de área, use cinta adhesiva para asegurar el cassette en el accesorio de bronce.

Control de las muestras

* Indique a los trabajadores que las bombas pueden ser dejadas en un área limpia (área de oficina) durante la comida, pero NO deberán apagarlas.

* Visite el área de trabajo periódicamente durante el muestreo y observe la posición de la esfera del rotámetro de la bomba. La parte central o parte más ancha de la esfera deberá cruzar la línea del rotámetro que representa la velocidad de flujo calibrada. Asegúrese de que los trabajadores vuelvan a colocarse las bombas al regresar a las áreas de trabajo después de la comida. Observe las condiciones del proceso y tome nota de cualquier condición no usual que pudiera afectar el muestreo.

Recolección de las muestras

* Al final del turno, regrese al área de trabajo. Apague la bomba y registre la hora. Si se usa un rotámetro para verificar la velocidad de flujo, puede hacerlo en este momento conectando el acoplador en la admisión del cassette antes de retirar la bomba. Vuelva a colocar el tapón en la admisión de muestreo.

* Al estar retirando la bomba del trabajador, pregunte si ocurrió algo durante el turno que pudiera afectar los niveles de exposición. Pregunte si las condiciones de trabajo fueron normales. Si no fue así, pida al trabajador que le describa las actividades o condiciones del proceso no usuales. Registre toda la información en letra manuscrita y transcribala más tarde en la sección de comentarios de la forma de registro de datos.

NOTA: Si se tiene presente una "bola de polvo" visible en el cassette, es MUY importante que se identifiquen las tareas no usuales. Si el cassette contiene material sospechoso (materiales extraños, partículas de polvo grandes que sea improbable que hayan estado en el aire, o partículas grandes de superabsorbente), reporte esto al personal de gerencia apropiado para su seguimiento.

- * Regrese al área de oficinas y retire el tapón de la admisión del cassette. Si el flujo final (o promedio de las tres lecturas) no fue medido al momento de retirar la bomba, encienda la bomba. Conecte el cassette del muestreo al rotámetro o medidor de burbujas electrónico, el que haya sido usado para la calibración inicial, y tome nota de la velocidad del flujo. Una vez hecho esto, retire el cassette de la línea de muestreo, coloque los tapones en ambos extremos del cassette, y colóquelo viendo hacia arriba en una caja pequeña para transportarlo al área de pesado.

- * Si la diferencia de la velocidad de flujo es menor del 10% del flujo total, use la lectura de la velocidad de flujo mayor en el cálculo del volumen del aire. Si la diferencia de la velocidad de flujo es mayor de 10%, la muestra deberá ser anulada. Esta desviación de flujo indica que el control de flujo constante de la bomba no estaba funcionando correctamente.

- * Registre las lecturas de calibración de la bomba.

5.3.4.- Tratamiento posterior al muestreo

La primera parte de este procedimiento es esencialmente igual al procedimiento para el pesado de filtros descrito en el punto sobre preparación previa al muestreo. (No se requiere en el método analítico).

- * Se debe tener cuidado de forma que no se pierda nada de la muestra y que no se contamine.

- * Retire la cinta adhesiva de los cassettes. (No se requiere en el método analítico)

- * Uno a la vez, abra los cassettes cuidadosamente. Retire la parte superior del cassette. Mueva la parte superior del cassette lateralmente, sobre la pieza del fondo. Introduzca el cassette en el desecador durante cuando menos 24 horas antes de pesar. (No se requiere en el método analítico)

* Para pesar, retire un cassette a la vez del desecador. Retire cuidadosamente la parte superior del cassette. Si las partículas de polvo se adhieren a las paredes del cassette, ráspelas sobre el filtro con una espátula o cepillo limpios. Si el filtro está dañado, deséchelo. (No se requiere en el método analítico)

* Con el extremo de un clip de papel grande, empuje hacia arriba cuidadosamente a través de la salida del cassette, hasta que el filtro se encuentre arriba del labio de la sección central del cassette. Con fórceps, separe cuidadosamente el filtro del respaldo. Retire el filtro del cassette. (No se requiere en el método analítico).

* Coloque el filtro en el centro del platillo de la balanza y registre el peso al 0.01 mg más cercano. Espere hasta que la balanza se estabilice antes de pesar. Esto normalmente requiere entre 15 y 20 segundos. (No se requiere en el método analítico).

* Registre el peso en la forma de registro de datos en el punto de "peso final". (No se requiere en el método analítico)

* Lleve a cabo los cálculos de la siguiente manera:

$$\text{Vol. Muestra (m3)} = \frac{\text{Flujo (lpm) x min. totales}}{1000}$$

$$\text{Concentración Gravimétrica} = \frac{\text{Peso de la muestra (mg)}}{\text{Volumen de la muestra (m3)}}$$

* Redondee el volumen de aire y la concentración a la centésima más cercana (dos puntos decimales).

En el caso del método analítico, normalmente se reciben los cassettes ya listos para realizar el muestreo. Así mismo, una vez realizado el muestreo simplemente se tienen que enviar al laboratorio para que realicen los análisis correspondientes.

Si se van a enviar los cassettes, asegúrese de etiquetar cada uno con el número de la muestra. Adjunte copias de las formas de registro de datos del muestreo. Siempre envíe un filtro "estándar" por cada 20 muestras entregadas al laboratorio. El estándar se maneja de la misma manera, excepto que no se extrae aire a través de éste.

5.3.4.- Interpretación estadística de los resultados

El tratamiento estadístico de los datos es muy importante para interpretar los resultados obtenidos. Un grupo de datos se encuentra dentro de los parámetros establecidos cuando el límite superior de control es igual o menor al límite máximo permisible.

Límite Máximo Permisible (LMP)

El límite máximo permisible para el material superabsorbente es de $8 \mu\text{g} / \text{m}^3$. En la planta se rige el control de polvos mediante este parámetro. Corresponde al umbral de confianza descrito en el Capítulo II y está determinado por los estudios realizados del efecto en la salud que tiene este material en forma de polvo.

Límite Superior de Control (LSC)¹⁶

El límite superior de control es el límite mayor del intervalo de confianza. El intervalo de confianza es un rango de valores que tiene cierta probabilidad de contener el promedio o la media de una distribución. La probabilidad elegida para los muestreos de polvo es del 95%. El propósito de este cálculo es determinar el intervalo de confianza del 95% para la media. El límite superior de control de la media es el límite por debajo del cual el 97.5% del área debajo de la distribución de t-Student está cubierta. La prueba estadística recomendada para analizar los resultados es la prueba t-Student basada en un 95% de significancia.

Guías para el tratamiento estadístico

a) Datos usados para el cálculo

Normalmente se prefiere obtener una muestra de 30 datos para maximizar la confiabilidad estadística de los resultados. Aun cuando la base de datos sea menor a 30, el uso de la prueba t-Student, toma en cuenta consideraciones del tamaño de la muestra haciendo los estimados más acertados.

b) Agrupamiento de datos

Los resultados para las diferentes posiciones o áreas deben agruparse para analizar diferencias significativas entre los promedios o medias para cada una de las posiciones, áreas o líneas. Estos grupos corresponden a grupos homogéneos de exposición. Para un muestreo personal, se agrupan los datos por línea y por posición, es decir se calcula un LSC para los datos por línea y se

¹⁶ Montgomery Douglas C., Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamericana México, 1991.

calcula un LSC para los datos por posición, como lo son los operadores de línea, los operadores del molino y los técnicos de calidad. Para un muestreo por área, se agrupan los datos por línea y por área, es decir se calcula un LSC para los datos por línea y se calcula un LSC para los datos por área, como el sistema dosificador del material superabsorbente, las bandas transportadoras entre la caseta del molino y la unidad de compresión, la unidad del primer corte y los rodillos de tracción.

c) Datos extraordinarios

Los datos que estén totalmente fuera de lo normal, o sea demasiado altos por alguna causa en especial, no deben considerarse para el cálculo del límite superior de control. Un dato estadísticamente extraordinario es aquel que es más de tres desviaciones estándar mayor que la media. En la hoja de datos se registra como ambiente anormal.

d) Datos menores al límite de detección

Para los datos que se encuentren debajo del límite de detección debido a la calibración de los instrumentos analíticos, se escribe el valor del límite mínimo de detección y se considera como el valor de la muestra para los cálculos correspondientes.

e) Datos mayores al límite de detección

Cuando las muestras están fuera de rango, o sea que los datos se encuentren por arriba del límite de detección en la curva de calibración de los instrumentos analíticos, se escribe el valor máximo de la curva de calibración como el dato de la muestra para los cálculos correspondientes. Estos datos están sujetos a la evaluación de posibles datos extraordinarios.

f) Significado estadístico

El laboratorio reporta los resultados en microgramos por metro cúbico expresados con dos cifras decimales. El valor calculado deberá expresarse de la misma manera.

g) Clasificación de los resultados

El control de polvos en una planta en términos de los resultados de las muestras obtenidas se clasifica de la siguiente manera:

Superior	LSC < 75% del LMP	DFL ¹⁷ = 0%
Adecuado	75% LMP < LSC < 100% LMP	DFL < 10%
Insatisfactorio	LSC > LMP	DFL > 10%

Cuando el Límite Superior de Control es menor al 75% del LMP y no existe ningún dato fuera de límites, el control de polvos es superior.

Cuando el Límite Superior de Control está entre el 75% y el 100% del LMP y un 10 % de los datos están fuera de límites, el control de polvos es el adecuado.

Cuando el Límite Superior de Control es mayor que el LMP y más del 10% de los datos están fuera de límites, el control de polvos es insatisfactorio.

Cuando los resultados exceden el Límite Máximo Permisible, el Límite Superior de Control o muestran una tendencia adversa se debe realizar una investigación de los factores que contribuyen a incrementar la concentración del polvo. La investigación debe determinar las razones o causas básicas de los valores altos o tendencias adversas. Para ello se recomienda graficar los datos y establecer planes de acción enfocados a mejorar los métodos de control y eliminar las causas básicas de los niveles elevados de polvo en el ambiente.

¹⁷ Datos Fuera de Límites, se consideran Datos Fuera de Límite aquellos datos que estén por encima del Límite Máximo Permisible.

Cálculo del Límite Superior de Control

El LSC al 95% se calcula de la siguiente manera:

$$95\% = M + t * s / (\text{sqr } n)$$

donde: M = Media de la muestra
 S = Desviación Estándar de la muestra
 t^a = Probabilidad estadística del 0.975 y n-1 grados de libertad.
 n = Número de datos de la muestra

Se asume que los datos están distribuidos normalmente, sin embargo aun cuando los datos están distribuidos logarítmicamente, se ha encontrado que los resultados no difieren mucho.

^a En el APENDICE B se anexa una tabla para la prueba t-Student. A partir del número de datos y para una probabilidad estadística del 0.975 se obtiene el valor de "t".

CAPITULO VI

CONTROL MEDICO

Una parte esencial de cualquier programa de higiene corresponde al monitoreo médico de aquellos empleados que están expuestos a condiciones no higiénicas.

Cualquier condición no higiénica puede ocasionar un efecto en la salud a corto, mediano o largo plazo. Los factores que causan esas condiciones son generalmente; el ruido, el polvo, el calor, el frío, la humedad, la iluminación, el espacio reducido de trabajo, las posiciones incómodas, los movimientos repetitivos, etc..

Como ya se ha mencionado, el patrón tiene la responsabilidad de controlar las condiciones no higiénicas causadas por la maquinaria, materia prima o proceso de fabricación, para minimizar los posibles efectos que pudieran tener éstas en la salud de los empleados.

El programa de control médico se asegura mediante ciertos exámenes que los empleados se encuentran en buen estado de salud y si se llegara a presentar alguna anomalía, en la mayoría de los casos, atender a tiempo la enfermedad y prevenir alguna reincidencia.

El control médico para el programa de control de polvos se basa en:

- 1.- El historial clínico.
- 2.- La prueba de funcionamiento pulmonar (Espirometría).
- 3.- El examen de tórax con "Rayos X".

6.1.- Historial clínico

El historial clínico tiene la finalidad de registrar los antecedentes clínicos heredados o adquiridos del empleado. Se anotan, además de las observaciones realizadas por el involucrado, los resultados de ciertos análisis de laboratorio y estudios clínicos. En el APENDICE C se presenta un formato¹ del historial clínico comúnmente utilizado en la industria.

El contenido abarca generalmente los siguientes aspectos:

- Datos personales
- Aparato respiratorio
- Aparato circulatorio
- Aparato digestivo
- Aparato genitourinario
- Aparato locomotor
- Sistema nervioso
- Psiquismo
- Exámen de los ojos
- Exámen de los oídos

En una planta de pañales desechables los principales problemas higiénicos son el ruido y el polvo. Por esa razón se profundiza mucho en las pruebas basales² del aparato respiratorio y en los exámenes de los oídos.

La información recopilada en el historial clínico es muy valiosa para determinar si la persona está sana física, mental y emocionalmente. El historial clínico permite además tener la información accesible de cada empleado en

¹ La forma presentada se fundamenta en la fracción VIII del Art. 38 Capítulo XV del Reglamento Interior de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, en su parte relativa, que dice "Condiciones físicas de los obreros" y que corresponde al Departamento de Higiene del Trabajo.

² Las pruebas basales son aquellas que se utilizan como punto de referencia para continuar monitoreando el desenvolvimiento de las personas expuestas y poder identificar a tiempo si se ha presentado alguna anomalía.

caso de presentarse alguna enfermedad o algún accidente, especialmente importante cuando por la naturaleza del accidente o enfermedad existe un impedimento de comunicación con el involucrado. El historial clínico se realiza sólo una vez, previo al contrato de cualquier empleado.

6.2.- Prueba de funcionamiento pulmonar (Espirometría)

La prueba de funcionamiento pulmonar se realiza primero como parte del análisis clínico inicial previo a la contratación de cualquier empleado (prueba basal). Posteriormente se realizan pruebas anuales para monitorear posibles efectos relacionados con la exposición al polvo laboral. La finalidad de realizar las pruebas de funcionamiento pulmonar son:

- Obtención de la función basal de los pulmones
- Confirmar posible sospecha de diagnóstico
- Evaluar el nivel de la incapacidad
- Evaluar el curso de la enfermedad
- Evaluar los efectos de alguna terapia
- Evaluar los cambios al eliminar la exposición

La prueba de funcionamiento pulmonar se realiza con el Espirómetro. La persona inhala la máxima cantidad de aire posible y lo exhala dentro de una manguera que está conectada al Espirómetro. Este registra el volumen exhalado en función del tiempo transcurrido. Para obtener buenos resultados se recomienda:

- Explicar claramente el procedimiento a seguir
- Demostrar el procedimiento personalmente
- Asegurar que la persona inhale el volumen máximo
- Motivar a la persona durante la exhalación
- Hacerle notar las razones de una espirometría pobre.

6.2.1.- Parámetros de medición³

La prueba de funcionamiento pulmonar se fundamenta en la obtención de datos del volúmen y fuerza pulmonar. Las variables utilizadas son:

- | | |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|
| a.-Capacidad Vital Forzada | FVC ⁴ |
| b.-Volúmen de Exhalación Forzado en el primer segundo | FEV1 ⁵ |
| c.- Relación de FVC y FEV1 | FEV1 / FVC |
| d.- Flujo de Exhalación Forzada | FEF ⁶ (25-75%) |

a.- Capacidad Vital Forzada FVC

La Capacidad Vital Forzada (FVC) es el máximo volúmen de aire que puede exhalarse de la manera más fuerte y acelerada posible, después de una inhalación máxima. Este volúmen corresponde al máximo de la curva trazada por el espirómetro y se reporta en litros. Un FVC aceptable se obtiene generalmente cuando se cumple alguno de los siguientes criterios:

- No se observa un incremento de volúmen durante los dos últimos segundos de la prueba.
- Por razones clínicas legítimas el sujeto no puede o no debe continuar exhalando, por ejemplo por mareo o dolor pectoral.

b.- Volúmen de Exhalación Forzado (FEV1)

El Volúmen de Exhalación Forzado (FEV1) corresponde al volúmen de aire que puede exhalarse forzadamente durante el primer segundo de la

³ Fourier, E., Information medicale, Paris Francia No. 10, Junio 1963.

⁴ Forced Vital Capacity

⁵ Forced Expiratory Volume in 1 Second

⁶ Forced Exhalation Flow

exhalación. También se registra en litros. Para determinar el FEV1 se debe seguir la siguiente secuencia:

- 1.- Determinar el tiempo cero de la exhalación, extrapolando mediante una línea recta la curva de volumen graficado al eje de las abscisas, correspondiente a un volumen igual a cero.
- 2.- Medir según la extrapolación trazada y la escala marcada, un segundo desde el inicio de la exhalación.
- 3.- Trazar una línea hasta cruzar la curva del volumen en el punto correspondiente a un segundo y leer el volumen (FEV1) en el eje de las ordenadas.

c.- Relación entre FVC y FEV1 (FEV1 / FVC)

Si dividimos el FEV1 entre el FVC obtenemos la fracción del volumen de aire exhalado durante el primer segundo en relación al total de aire exhalado. Este valor se puede expresar como el porcentaje del total de aire exhalado. Para realizar este cálculo deben utilizarse los valores máximos de FEV1 y FVC aunque se hayan obtenido en pruebas diferentes.

d.- Flujo de Exhalación Forzada (FEF 25-75%)

El Flujo de Exhalación Forzada (FEF 25-75%) representa el flujo de la exhalación desde el 25% hasta el 75% del volumen total exhalado, o sea el flujo de aire generado en la mitad intermedia de la exhalación. Para determinar este valor se sigue la siguiente secuencia:

- 1.- Se calcula el 25% y el 75% del FVC (Capacidad Vital Forzada) y se marca en la gráfica correspondiente.
- 2.- Se traza una línea recta (pendiente) entre esos dos puntos y se extiende hasta el eje de las abscisas.
- 3.- En el lugar donde la línea recta intersecta el eje de las abscisas medir un segundo sobre el mismo eje, de acuerdo a la escala correspondiente.
- 4.- Trazar una perpendicular de ese punto hasta tocar la pendiente.

5.- Leer en ese punto el volúmen correspondiente a ese segundo de exhalación. El valor corresponde al flujo de aire en la mitad intermedia de la exhalación.

El estándar define que se deben obtener tres gráficas válidas y que se deben reportar los mejores resultados de FVC, FEV1 y FEV1/FVC aunque se hayan obtenido de pruebas diferentes.

6.2.2.- Factor de ajuste

Estos valores al igual que el FEF (25-75%) requieren ajustarse por un factor de corrección de BTPS⁷ que corresponde a la temperatura y presión corporal saturada con agua. La temperatura del ambiente es normalmente menor a la temperatura del cuerpo. La gráfica que traza el espirómetro corresponde al volúmen de aire a temperatura y presión ambiente. Debido a que el aire se contrae al enfriarse, es necesario hacer una corrección para identificar el volúmen real que ocuparon los pulmones del sujeto. Para llevar a cabo esa corrección se mide la temperatura del ambiente; a partir de ella y de la presión barométrica del lugar, se obtiene el factor de corrección de las tablas anexas en el APENDICE C y se multiplica la lectura obtenida por el factor de corrección

$$\text{Valor Real} = \text{Lectura obtenida} \times \text{BTPS}$$

6.2.3.- Criterios de validación

Para asegurar que la prueba es válida se deben considerar los siguientes criterios:

⁷ Body Temperature and Pressure Saturated with water

a.- Un FVC correcto:

Se obtiene generalmente cuando se cumple alguno de los siguientes criterios:

- No se observa un incremento de volúmen durante los dos últimos segundos de la prueba.

- Por razones clínicas legítimas el sujeto no puede o no debe continuar exhalando, por ejemplo por mareo o dolor pectoral.

b.- Exhalación inicial segura

Quando la relación BEV⁸ /FVC corresponde a un valor mayor al 5% del FVC la prueba se descarta.

c.- Reproducción

El estándar recomienda que los dos valores máximos de FVC y FEV1 no varíen en más del 5%. La fórmula para realizar el cálculo es:

$$\frac{(\text{valor máximo}) - (\text{segundo valor mayor})}{\text{valor máximo}} \times 100$$

6.2.4.- Valores normales

Los valores normales se predicen con base en estudios epidemiológicos siguiendo estrictamente los procedimientos descritos, de poblaciones libres de enfermedades respiratorias y que no han fumado.

⁸ El BEV (Back Extrapolated Volume) corresponde al Volúmen Extrapolado al Tiempo Cero y se localiza en la gráfica en la intersección que marca la línea recta de extrapolación para determinar el tiempo cero y la gráfica de volúmen exhalado.

El estándar de polvo de algodón de la NIOSH y OSHA define como valores normales aquellos establecidos por Knudson en 1976.

Los factores que rigen los parámetros normales son:

Sexo: Los hombres tienen pulmones más grandes que las mujeres en relación a una determinada edad y estatura.

Edad: El volumen pulmonar declina a partir de los 25 años para los hombres y a partir de los 20 años para las mujeres. El valor anual de declinación para los adultos en general es de 25 a 30 ml aproximadamente.

Estatura: Personas con mayor estatura tienen pulmones más grandes.

Raza: En relación al sexo, la edad y la estatura la raza negra tiene pulmones de menor capacidad que la raza blanca⁹. A partir de las pruebas realizadas se ha determinado que en términos generales el valor de la capacidad pulmonar de los negros es de 10 a 15 % menor que la de los blancos. El factor de ajuste es por lo tanto 0.85.

A través de esta prueba es posible identificar a tiempo alguna anomalía debido a la exposición al polvo laboral. Las principales anomalías corresponden a:

- Obstrucción
- Restricción
- Combinación de ambas

La TABLA 6 anexa establece cada una de ellas en función de los valores de FVC, FEV1 y FEV1/FVC.

⁹ No se hace ninguna otra referencia para otras razas o grupos étnicos.

TABLA 6
Anomalías en función de la espirometría¹⁰

OBSERVACION	FVC	FEV1	FEV1 / FVC
Normal	Normal	Normal	Normal
Obstrucción	Normal (1)	Bajo	Bajo
Restricción	Bajo	Normal (2)	Normal / Alto
Ambas	Bajo	Bajo	Bajo

(1) Inicialmente el FVC permanece normal durante un proceso obstructivo. A medida que la enfermedad se hace más severa, puede reducirse igualmente el FVC.

(2) Inicialmente el FEV1 permanece normal durante un proceso restrictivo, pero a medida que la enfermedad avanza se observa una reducción en el FEV1 porque el volumen de los pulmones se reduce mucho para mantener al FEV1 dentro de los límites normales.

Aquellas personas que obtienen valores menores a los mínimos recomendados, requieren de un estudio más profundo para lograr un diagnóstico preciso de la enfermedad y de un posible tratamiento.

¹⁰ Fourier, E., Information medicale, Paris Francia No. 10, Junio 1963.

6.3.- Exámen de tórax con Rayos X

El exámen de torax con Rayos X también se realiza como prueba basal. Mediante el análisis de la placa radiográfica se pueden identificar una variedad de enfermedades y/o antecedentes de enfermedades que han afectado a la persona.

El exámen de torax con Rayos X se debe realizar también en forma periódica cada 3 años para personas menores a 50 años y anualmente para personas mayores a 50 o si se llegase a detectar alguna deficiencia en la prueba de funcionamiento pulmonar.

CAPITULO VII

DEFINICION DE RESPONSABILIDADES

En un programa de seguridad o higiene industrial todos los empleados deben participar, puesto que finalmente todos los empleados están expuestos a los riesgos del trabajo y todos a la vez son responsables de su salud y seguridad. Para garantizar que un programa tan importante, como lo es el programa de control de polvos, sea exitoso; deben involucrarse todos los niveles de la organización en la creación y cumplimiento de los sistemas. Es necesario definir claramente cuales son las responsabilidades por posición para el desarrollo y la ejecución del programa.. Es decir, existe un grupo de personas encargadas de desarrollar los sistemas de prevención y control de polvos y también existe un grupo de personas que debe utilizar esos sistemas y cumplir con las expectativas y normas que se han desarrollado para proteger su salud y su bienestar.

Se deben escribir y comunicar claramente cuales son las responsabilidades y expectativas por posición para asegurarse que el programa se lleve a cabo tal y como está diseñado y que cada quien sea evaluado según el cumplimiento de su responsabilidad en particular.

La FIGURA 8 representa un organigrama típico para una planta de pañales desechables.

ORGANOGRAMA DE LA PLANTA

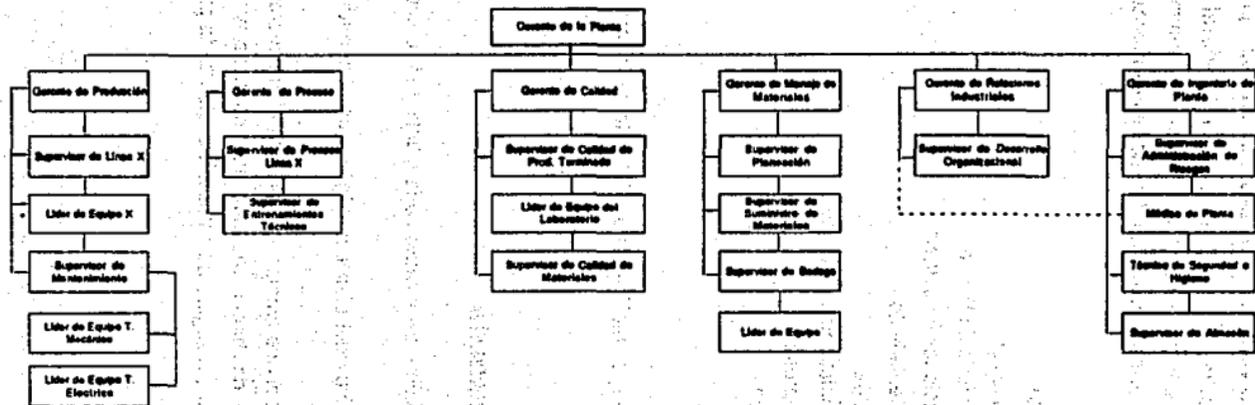


FIGURA 8

Para cada una de las posiciones se definieron las responsabilidades para cumplir con los requisitos del programa de control de polvos. Las responsabilidades descritas se pueden aplicar en general para cualquier programa de seguridad e higiene industrial. También se asume que existe un comité de seguridad e higiene formado por las siguientes posiciones:

- Gerente de Planta
- Gerente de Producción
- Gerente de Ingeniería de Planta
- Gerente de Relaciones Industriales
- Gerente de Mantenimiento
- Gerente de Bodega
- Gerente de Administración de Riesgos
- Médico de la Empresa
- Líderes de equipo

7.1.- Responsabilidades del Gerente de Planta

a.- Establecimiento de prioridades

- Comunica su visión y expectativas a la planta y al comité de seguridad e higiene.
- Valida los objetivos del plan estratégico con el comité de seguridad e higiene.
- Asegura que todos los empleados conozcan los peligros asociados con los polvos y también de hacer respetar las políticas y procedimientos establecidos para el manejo seguro de estos materiales en la planta.

b.- Iniciativa y seguimiento

-Da dirección clara y concreta en seguridad e higiene a los departamentos de la planta.

-Define cambios estructurales en la organización para soportar nuevas iniciativas y cambios en el negocio relacionados con seguridad e higiene.

-Se asegura que los nuevos proyectos y equipos cumplan con los estándares de seguridad e higiene.

c.- Liderazgo

-Se asegura que los resultados obtenidos vayan de acuerdo con los estándares, normas y objetivos del plan estratégico de seguridad e higiene.

d.- Comunicación

-Retroalimenta y alinea a la organización.

-Reconoce continua y oportunamente a todos los niveles de organización por los logros sobresalientes.

e.- Habilidad técnica / Dominio del área

-Se mantiene actualizado en la implementación y cambios del programa de seguridad e higiene.

7.2.- Responsabilidad del Gerente de Producción

a.- Establecimiento de prioridades

-Asegura y soporta el valor de seguridad e higiene en su departamento y resto de la organización

-Asegura que todos los supervisores y empleados técnicos conozcan y sigan las prácticas y procedimientos para una operación segura durante el manejo del material superabsorbente, pulpa de papel y productos que lo contengan.

-Asegura que todos los gerentes y empleados técnicos sean calificados en estos sistemas y recalificados anualmente.

b.- Iniciativa y seguimiento

-Cuestiona y orienta a su departamento para asegurar soluciones que eliminen fallas de raíz elevando los estándares del departamento.

-Define cambios organizacionales en su módulo para soportar nuevas iniciativas y cambios en el negocio relacionados con seguridad e higiene.

-Asegura que los nuevos proyectos y equipos cumplan con los estándares de seguridad e higiene.

-Presenta los avances del programa trimestralmente a la gerencia de la planta.

c.- Liderazgo

-Mantiene la visión del plan estratégico de seguridad e higiene en su departamento y en el resto de la organización.

-Participa activamente en las presentaciones trimestrales de líderes de equipo y supervisión para dar dirección.

d.- Comunicación

- Retroalimenta e informa a su departamento sobre las iniciativas y los cambios en el negocio relacionados con seguridad e higiene.
- Analiza y cuestiona información de resultados del departamento y del programa.
- Reconoce continua y oportunamente a todos los niveles por los logros sobresalientes.

e.- Habilidad técnica / Dominio del área

- Mantiene actualizado en la implementación y cambios del programa de seguridad e higiene.
- Conoce todos los riesgos asociados con los polvos y especialmente el material superabsorbente y de los productos que lo contienen.

7.3.- Responsabilidad del Supervisor de Producción**a.- Establecimiento de prioridades**

- Robustece el valor de seguridad e higiene, en la administración de cada una de las prioridades; calidad, costo, producción, iniciativas, etc.
- La calidad del programa / resultados son responsabilidad del supervisor
- Apoya y soporta al líder de equipo.
- Asegura que todos los empleados conozcan y sigan las prácticas y procedimientos para el manejo de los materiales polvosos.

b.- Iniciativa y seguimiento

- Da seguimiento y facilita los recursos necesarios para asegurar el cumplimiento de los objetivos a través del plan estratégico.
- Participa trimestralmente en la revisión de avances del plan estratégico a través de la hoja de registro, identificando estrategias y planes para dar soporte al programa de su departamento.
- Apoya e impulsa la implementación de mejoras propuestas por el comité de seguridad e higiene, asignando los recursos necesarios.
- Asegura que los nuevos proyectos y equipos cumplan con los estándares de seguridad e higiene.

c.- Liderazgo

- Crea un ambiente de participación de los miembros de su departamento, orientado a lograr las metas a corto, mediano y largo plazo en seguridad e higiene.
- Orienta y apoya a la supervisión para identificar áreas de oportunidad concretas a través del análisis de la información.
- Vende la idea del estado futuro del programa asignando los recursos necesarios para lograrla, a través de las estrategias clave del departamento.
- Trabaja en equipo con los demás gerentes, para lograr una alineación total.
- Promueve y participa en la integración de líderes y supervisión.
- Construye relaciones productivas con otros grupos de la organización para cumplir con los objetivos planeados.

d.- Comunicación

- Comunica los resultados y áreas de oportunidad al gerente de producción.
- Mantiene abiertos los canales de información definidos por el personal de seguridad e higiene, hacia los líderes de seguridad y técnicos, que les permita una acertada y oportuna toma de decisiones.

e.- Habilidad técnica / Dominio del área

-Se mantiene actualizado en la implementación y cambios del programa de seguridad e higiene.

-Conoce los peligros asociados con el manejo de polvos y especialmente con el material superabsorbente y los productos que lo contengan.

7.4.- Responsabilidad del Gerente de Administración de Riesgos o del Gerente de Seguridad e Higiene Industrial.

a.- Establecimiento de prioridades

-Desarrolla y establece los programas de seguridad e higiene para la planta.

-Desarrolla e implementa estrategias encaminadas al cumplimiento de los programas de seguridad e higiene, incluyendo el programa de control de polvos.

-Programa los muestreos de polvo y se asegura de tener el equipo apropiado para llevar a cabo el muestreo, así como realizar los análisis correspondientes.

b.- Iniciativa y seguimiento.

-Basados en el análisis de los resultados, diagnósticos departamentales y análisis del sistema de observación al comportamiento, detecta áreas de oportunidad y retroalimenta a la organización, conjuntamente con el comité de seguridad e higiene y crea e implementa planes de mejora.

-Soporta a los departamentos para interpretar la información estadística obtenida de los monitoreos de aire y para desarrollar soluciones a través de procesos efectivos de pensamientos.

-Promueve el uso del modelo de mejora continua dentro de la organización.

-Se asegura que los nuevos proyectos y equipos cumplan con los estándares de higiene.

-Identifica oportunamente las necesidades de los departamentos estableciendo en conjunto estrategias y acciones para satisfacerlas a corto y a largo plazo, logrando la mejora continua del sistema.

-Busca modelos exitosos en operaciones semejantes analizando su reaplicación para mejorar los resultados.

-Participa en la investigación multicausas de incidentes (seguridad e higiene), soportando a los departamentos en la correcta identificación de causas básicas, así como el establecimiento y seguimiento al cumplimiento de planes de acción

c.- Liderazgo

-Soporta y faculta a la supervisión y a los líderes de equipo para alcanzar los objetivos de los programas.

-Asegura el cumplimiento del programa estratégico de seguridad e higiene a través del comité.

-Promueve el seguimiento al plan estratégico y las revisiones mensuales.

-Construye relaciones productivas entre los departamentos y sus gerentes para cumplir con los objetivos planteados.

-Reconoce las habilidades de cada uno de los integrantes del comité de seguridad e higiene y promueve la mejor aplicación de los recursos del comité.

d.- Comunicación

-Informa oportunamente y eficazmente a la organización de los avances y resultados de los programas de control de polvos e higiene y de los ajustes para lograr las metas y mejorar los esperados estadísticos.

- Comunica los resultados de los muestreos de polvo a los empleados.

e.- Habilidad Técnica / Dominio del Area

- Se mantiene actualizado en la implementación y cambios del programa de seguridad e higiene.
- Conoce todos los peligros asociados con el manejo de polvos y especialmente del material superabsorbente y los productos que lo contienen.
- Esta entrenado y calificado en los programas de seguridad e higiene Industrial por alguna institución acreditada.

7.5.- Responsabilidad del Médico

a.- Establecimiento de prioridades

- Gua y apoya a los departamentos en el establecimiento de prioridades en línea con el programa de la planta y las necesidades de los equipos de trabajo.

b.- Iniciativa y seguimiento

- Coordina la realización y seguimiento de investigaciones multicausas de cada incidente relacionado con el manejo de polvo para identificar causas básicas y definir planes de acción para evitar repetición.
- Da seguimiento a casos especiales ante el IMSS y se asegura de que la solución de los casos se cumpla.
- Da soporte a líderes de equipo a través de sesiones de información, entrenamientos y difusión de procedimientos de emergencia.
- Da seguimiento a la evaluación y establece planes de acción para mejorar el programa de control de polvos e higiene.
- Realiza los exámenes médicos periódicos (audiometrías y espirometrías).
- Registra los resultados de los exámenes y les da seguimiento a casos especiales.

c.- Liderazgo

- Construye relaciones de trabajo productivas con otros grupos de la organización para cumplir con los objetivos planteados.
- Soporta y da dirección a la enfermera y brigadistas de primeros auxilios.

d.- Comunicación

- Comunica oportunamente los resultados de las pruebas del funcionamiento pulmonar y audiometrías.

e.- Habilidad técnica / Dominio del área

- Está capacitado y calificado en el programa de medicina del trabajo.
- Se mantiene actualizado en los avances para realizar los exámenes correspondientes.
- Conoce la administración del programa según lo requieren las dependencias gubernamentales.

7.6.- Responsabilidad del Líder de Equipo**a.- Establecimiento de prioridades**

- Asegura que existen programas efectivos de entrenamiento en la planta que incluyan calificación del personal nuevo, transferido o promovido, así como la re-calificación anual en el programa de manejo de polvos.

b.- Iniciativa y seguimiento

-Coordina la realización de las prácticas seguras para manejo de materiales polvosos, especialmente material superabsorbente en las siguientes situaciones:

*Cuando un equipo nuevo ha sido instalado en el departamento.

*Cuando se presenta alta frecuencia de desviaciones de polvosidad y/o incidentes existiendo un procedimiento de trabajo ya definido.

*Cuando ocurre un accidente o incidente respiratorio aún cuando se cumplieron los procedimientos establecidos.

*Cuando no exista la práctica segura o de manejo de material polvoso.

-Coordina junto con el equipo de trabajo, la difusión e implementación de las prácticas seguras más críticas.

-Deberá aplicar el sistema de observación del comportamiento en las áreas de trabajo, dar seguimiento junto con los líderes de seguridad e higiene al análisis de los resultados obtenidos por las observaciones de comportamiento, y así generar planes específicos de mejora a las fallas del comportamiento recurrentes.

-Coordina la mejora de las auditorías que se requieran, bajo los criterios de las actividades y comportamientos más críticos.

-Es un recurso de soporte para los sistemas de control de polvo y derrames.

-Asegura que exista un programa de mantenimiento detallado para los equipos de control de polvo y derrames en cada departamento.

-Participa en la definición de nuevos equipos o mejoras al mismo, para que éstos cumplan con los lineamientos de operación y exposición.

c.- Liderazgo

-Ejerce el liderazgo para implementar eficazmente el programa de control de polvos a través de ser un soporte para la organización.

d.- Comunicación

-Organiza, prepara y dirige las juntas requeridas para mantener informado al departamento en relación a los resultados del programa de manejo de polvos, tanto de la planta como del departamento.

-Genera información sobre los avances de los planes definidos y estrategias a seguir.

e.- Habilidad técnica / Dominio del área

-Deberá conocer los fundamentos del sistema de monitoreo de aire y el sistema de investigación multicausas para las muestras de polvosidad fuera de límites.

-Además, deberá conocer los resultados de polvosidad por área de muestreo (gráficos de control), y coordinar la investigación de muestras fuera de límites, generando planes de acción para su corrección definitiva, dando retroalimentación a los equipos de trabajo y departamentos sobre la tendencia de los resultados.

-Conoce, entiende y transmite el efecto de salud de los polvos.

-Conoce y entiende todos los elementos, estándares y lineamientos del programa de control de polvos.

7.7.- Responsabilidades del personal de soporte

El programa de control de polvos requiere además de los responsables de ejecutar el programa de acuerdo a las responsabilidades descritas, de cierto soporte técnico para asegurar que los equipos se mantengan en buen estado y la gente esté capacitada operar y mantener el equipo en óptimas condiciones.

Las responsabilidades para que esto ocurra son compartidas y se mencionan a continuación:

a.- Responsabilidades del personal de ingeniería

El personal de ingeniería evalúa los resultados de los muestreos en relación al equipo de control de polvos. Determina en conjunto con los expertos los cambios al equipo para reducir la generación de polvos y controlarlo dentro de los límites establecidos. Diseña e instala el equipo y las modificaciones apropiadas. Una vez instalados todos los equipos, se asegura del correcto funcionamiento y del impacto que tienen en la generación de polvo de material superabsorbente y pulpa de papel.

b.- Responsabilidades del personal de proceso

El ingeniero de proceso del área se asegura del buen funcionamiento del sistema de control de polvos. La operación del equipo debe efectuarse sin ningún derrame de material superabsorbente. Debe asegurar que el equipo no presenta ninguna fuga proponer mejoras al equipo y su operación.

c.- Responsabilidades del personal de mantenimiento

El personal de mantenimiento lleva a cabo las inspecciones del sistema del control de polvos y programa las actividades de limpieza de los colectores. Detecta anomalías y problemas en el sistema y propone soluciones a los mismos. Realiza mantenimiento de manera que no existan fugas ni derrames de material superabsorbente durante la operación. Lleva un registro de las inspecciones, valores de ajuste y mantenimientos realizados.

d.- Responsabilidades del personal de entrenamientos

El personal de entrenamientos programa los entrenamientos anuales para la gerencia y técnicos que trabajan en el área polvosa. Revisa y actualiza previo al entrenamiento el material de entrenamiento. Coordina a los facilitadores para impartir el curso según el programa establecido. Evalúa y

certifica a los asistentes al curso y se asegura de la asistencia de todos los técnicos y gerentes en relación a sus funciones.

CAPITULO VIII

PROGRAMA DE CAPACITACION

La capacitación del personal es un factor indispensable para que cualquier programa de higiene y de seguridad sea efectivo. No se puede concebir un programa de control de polvos sin que exista un programa de entrenamientos periódico que asegure que el personal que opera el equipo y/o que tiene alguna responsabilidad relacionada con el programa, esté capacitado para desempeñar su función.

Las habilidades y conocimientos requeridos para administrar el programa de control de polvos son las siguientes:

- 1.- Conocimientos básicos del programa de control de polvos
- 2.- Diseño y mantenimiento del equipo de control de polvos y variables del proceso y operación.
- 3.- Muestreo de polvo e interpretación de los resultados
- 4.- Programa de control médico

1.- Conocimientos básicos del programa de control de polvos.

Este entrenamiento tiene el objetivo de informar a todos los empleados acerca de los riesgos asociados con el manejo de polvos; los lineamientos de exposición ocupacional y los límites máximos permisibles; los equipos de control existentes y su funcionamiento; los procedimientos básicos de operación de esos equipos y los procedimientos de limpieza así como el uso y cuidado de los respiradores; la forma en que se llevan a cabo los muestreos de polvo, los últimos resultados de los mismos y el programa de control médico que se lleva a cabo. Este curso tiene una duración de dos horas y es indispensable que todos los empleados lo reciban.

2.- Diseño y mantenimiento del equipo de control de polvos y variables de proceso y operación

Este entrenamiento está direccionado a las personas que diseñan el equipo y que definen los cambios necesarios o apropiados al mismo para optimizar la operación. También incluye a los empleados que realizan el mantenimiento y la limpieza para asegurar que tienen el conocimiento y las habilidades para no desbalancear el sistema al realizar sus actividades y asegurar su funcionamiento adecuado cuando se realizan algunas modificaciones al mismo.

3.- Muestreo de polvos e interpretación de los resultados

Este entrenamiento tiene la finalidad de capacitar a los empleados que vayan a realizar los muestreos de polvo. Es un entrenamiento que explica el funcionamiento del equipo de muestreo, el procedimiento de calibración de las bombas de muestreo, el procedimiento de muestreo incluyendo el llenado y envío de las hojas con todos los datos necesarios al laboratorio correspondiente y finalmente la interpretación de los mismos.

4.- Programa de control médico

La capacitación para manejar el programa de control médico, está direccionada a un médico o una enfermera, de manera que tengan los conocimientos médicos suficientes para poder manejar el equipo y realizar e interpretar los estudios necesarios. Normalmente se cuenta con una enfermera o un médico que fácilmente adquiere los conocimientos específicos para usar el Espirómetro, interpretar los resultados del mismo y las placas de Rayos "X" y tomar las decisiones adecuadas en caso de presentarse alguna anomalía.

La FIGURA 9 presenta una matriz de los cuatro tipos de entrenamientos en función de las responsabilidades descritas para administrar el programa de control de polvos.

Personal que debe estar calificado en los cursos de control de polvos

CURSOS	1	2	3	4
Gerente de Planta	■			
Gerente de Producción	■	■		
Supervisor de Producción	■	■		
Gerente de Administración de Riesgos	■	■	■	
Médico	■			■
Líder de Equipo	■	■	■	
Personal de Proceso	■	■		
Personal de Mantenimiento	■	■		
Personal de Entrenamientos	■			
Personal de Ingeniería	■	■		

CURSOS

- 1.- Conocimientos básicos del programa de control de polvos
- 2.- Diseño y mantenimiento del equipo, variables de proceso y operación
- 3.- Muestreo de polvos e interpretación de resultados
- 4.- Programa de control médico

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo parte de una problemática real de contaminación ambiental por polvos en una planta de pañales desechables. Considerando el impacto que tiene esta contaminación en la salud de los empleados, el riesgo potencial de explosión y los requisitos gubernamentales; se realizó este manual para facilitar la administración de un programa de control de polvos.

El estudio parte de ciertos conceptos teóricos y de la situación actual para determinar las causas básicas de la misma y establecer posibles soluciones, mismas que conforman este trabajo.

Las conclusiones son las siguientes:

1.- La generación de polvos en una planta de pañales desechables es inminente al proceso de fabricación y a las propiedades físicas y químicas de las materias primas. La pulpa de papel y el material superabsorbente deben procesarse en forma de polvo para que el pañal desempeñe su función de absorción y retención de los líquidos y la materia fecal. Esto facilita adicionalmente la elaboración de la forma anatómica óptima del núcleo del pañal. En resumen, la generación de polvo está subordinada a la elaboración del núcleo anatómico y a la funcionalidad del pañal.

2.- Los polvos presentan propiedades generales debido principalmente a las características físicas de la mezcla con el aire y propiedades particulares dependiendo de la composición química de los componentes. En términos generales presentan riesgos a la salud y riesgos de explosión, que dependen de las propiedades intrínsecas de la materia. El material superabsorbente puede repercutir en la salud de los empleados debido a sus propiedades higroscópicas y el efecto que esto produce en los pulmones. La pulpa de papel presenta grandes riesgos de explosión si se encuentra en las condiciones apropiadas. No obstante, ambos materiales generan polvo ambiental que puede repercutir en la salud de los empleados, en los riesgos de explosión, en el control del proceso y en la calidad del producto.

3.- La generación de polvo es un fenómeno físico, cuyos mecanismos son ampliamente conocidos. Precisamente se denominan mecanismos, puesto que el polvo se forma por la acción mecánica que se ejerce sobre un material sólido. Las fuentes generadoras de polvo se pueden identificar fácilmente conociendo los mecanismos de generación y el proceso de fabricación. Así se clasifican en fuentes primarias, aquellas que generan polvo durante la transformación directa de la materia prima y en fuentes secundarias, las que se derivan del control u operación de las fuentes primarias.

4.- El equipo de control de polvos está diseñado básicamente para controlar el polvo proveniente de las fuentes primarias. se fundamenta en la captación y en la separación del polvo ambiental. Los separadores se clasifican en separadores en seco, separadores en húmedo y separadores electrostáticos. Cada uno presenta ventajas y desventajas en relación a las propiedades de los polvos que se piensan separar. Para la planta de pañales desechables se eligieron los colectores de bolsas, pertenecientes a los separadores en seco. No se utilizan los separadores en húmedo debido a las propiedades higroscópicas del material superabsorbente, ni los separadores electrostáticos debido al gran riesgo de explosión asociado con los polvos de la pulpa de papel. La funcionalidad de los equipos depende en primera instancia de la adaptación de los equipos de captación de polvo al equipo de proceso y de la eficiencia del separador o colector de polvos. Para diseñar el mejor sistema se requiere conocer no únicamente los conceptos teóricos y los diseños comerciales, sino además las propiedades físicas y químicas del polvo a separar y el proceso de fabricación.

5.- La operación y el mantenimiento del equipo de proceso y del equipo de control de polvos es fundamental para garantizar el funcionamiento óptimo del mismo y reducir la generación de polvos evitando así además problemas de proceso y calidad. Una vez diseñado un buen sistema, es indispensable operarlo siguiendo los procedimientos establecidos y realizar el mantenimiento preventivo y predictivo en la forma adecuada para alargar la vida útil del equipo.

6.- Dependiendo de la exposición al polvo durante la limpieza del equipo y en algunas operaciones, se recomienda el uso de diferentes respiradores. El equipo de protección personal garantiza que el empleado no esté expuesto al

polvo durante esas actividades donde la concentración de polvo excede los límites máximos permisibles, como lo son la limpieza de los colectores de polvos y en general de cualquier derrame de material superabsorbente o pulpa de papel.

7.- El muestreo de los niveles de polvo es una parte fundamental para resolver el problema de la contaminación por polvos partiendo de una base científica. Las técnicas de captación, los métodos de análisis, los tipos de muestreo y los factores de control, son indispensables para establecer una estrategia de muestreo.

8.- Las normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social regulan las concentraciones de polvo en el centro de trabajo y describen los límites máximos permisibles para los empleados. La Secretaría de Desarrollo Social controla las concentraciones de partículas sólidas emitidas al medio ambiente. Las regulaciones confirman la necesidad de establecer un programa de control estricto, asimismo complementan la información para establecer un procedimiento de muestreo adecuado.

9.- La interpretación estadística de los resultados permite conocer la magnitud del problema en relación a las posiciones o áreas muestreadas dependiendo el tipo de muestreo que se realice.

10.- Asimismo es de suma importancia evaluar los posibles efectos en la salud de los empleados debido a la exposición al polvo. Independientemente de la concentración de polvo, es vital establecer un sistema de control médico que mediante ciertos exámenes médicos evalúe las afectaciones al sistema respiratorio y permita tomar medidas correctivas a tiempo para evitar que el padecimiento se agudice o se incremente el número de casos.

11.- Una vez que se sabe cómo controlar el polvo y las formas de medir el impacto del polvo ambiental y sus implicaciones en la salud, es necesario establecer expectativas y responsabilidades claras para administrar el programa. Adicionalmente se requiere capacitar a todo el personal involucrado en el programa para que cada quién pueda realizar su función adecuadamente y en sincronía con el resto del equipo para obtener los resultados deseados.

El equipo de control de polvos, los procedimientos de operación y mantenimiento y el equipo de protección personal resúmen los tres tipos de control de la exposición al polvo. Se mencionan en orden de importancia y siguiendo una secuencia lógica. En primera instancia se procuran resolver las causas básicas o primarias de la generación de polvo debidas al proceso. El equipo debe diseñarse para reducir la generación de polvo. Una vez elaborado el diseño óptimo deberá verificarse y en caso necesario adaptar un equipo adicional de control de polvos con la finalidad de captar el polvo generado y recircularlo o separarlo de manera tal, que ese mismo sistema no genere más polvo. A partir de la ingeniería básica debe resolverse el problema de generación de polvo. Es una area de la ingeniería que está en constante evolución para reducir la generación de polvos mediante la optimización de los equipos y los procesos.

Si el equipo no es suficiente para mantener los niveles de polvo por debajo de los límites máximos permisibles, se tendrá que aplicar un segundo tipo de control adicional. Hoy en día no se tienen los procesos ideales que no generan absolutamente nada de polvo, sin embargo existen ciertas necesidades que se tienen que satisfacer con el equipo que se tiene hasta la fecha. Por esta razón es indispensable el control administrativo que se enfoca en reducir la exposición de los empleados al polvo mediante los procedimientos de operación, rotación de personal, reducción de las horas laborales, etc.. Este tipo de control es sumamente caro y riesgoso debido a las implicaciones laborales que representa. Tampoco soluciona el problema de la generación de polvos, mismo que se puede extender fuera de la planta, sino que únicamente reduce la exposición de los empleados. Normalmente este tipo de controles son temporales mientras el tipo de control ingenieril busca soluciones a la generación de polvos desde el diseño del equipo. Independientemente de los niveles de polvo, el control administrativo incluye los procedimientos de operación, limpieza y mantenimiento, mismos que son indispensables en el funcionamiento del equipo y el control de la generación de polvo.

Finalmente, si los dos tipos de control no fueran suficientes, se deberá utilizar el equipo de protección personal. Mediante este último tipo de control se coloca una barrera física entre la persona y el medio contaminado. Al utilizar los

respiradores adecuados, escogidos en función del polvo a filtrar y de la concentración del mismo, se elimina por completo el riesgo de exposición al polvo. Esto puede causar también una serie de problemas de tipo laboral debido a inconformidad de los empleados por la molestia, incomodidad, estrés o agotamiento físico que pueden provocar estos equipos. Normalmente se reduce la disponibilidad y la eficiencia de los empleados creando a la vez riesgos de accidentes. Este tipo de control se utiliza usualmente en combinación con el control administrativo. Forma parte de los procedimientos de operación y limpieza y permite encontrar una solución óptima a la exposición de los empleados. Al igual que el control administrativo, no presenta una solución real al problema de generación de polvos, sino una solución temporal o parcial.

Los tres tipos de control mencionados, no conforman por sí solos un programa de control de polvos. Con base en las conclusiones anteriores se recomienda administrar el programa de control de polvos de acuerdo a los siguientes elementos:

Elemento 1.- Definición de responsabilidades y expectativas con base en los estándares y normas regulatorias en materia de control ambiental y laboral.

Elemento 2.- Diseño del equipo de proceso y del equipo de control de polvos.

Elemento 3.- Procedimientos de operación y mantenimiento, incluyendo el equipo de protección personal.

Elemento 4.- Programa de muestreos de polvo

Elemento 5.- Programa de control médico

Elemento 6.- Capacitación y entrenamiento

El Elemento 1, establece las bases para comenzar a trabajar en un programa de control de polvos. Se definen responsabilidades y expectativas para el cumplimiento de las normas y se estructura una organización dentro de la misma empresa para administrar el programa. Si no se trabaja en este elemento con la dirección de la gerencia de la planta es muy difícil garantizar el cumplimiento y el éxito en el programa de control de polvos.

El Elemento 2, se enfoca a solucionar el problema de la contaminación por polvos desde el punto de vista ingenieril, como primer tipo de control. Conoce los sistemas actuales de control de polvos, el proceso de fabricación y su función se remite a la mejora continua de los diseños de los equipos con base en la información obtenida de los muestreos y de los problemas operativos o sugerencias de la gente de producción. Se encarga de mantenerse a la vanguardia en materia de equipo de control de polvos y entiende los principios científicos del funcionamiento de los mismos.

El Elemento 3, reúne en un sólo elemento el tipo de control administrativo y el tercer tipo de control mediante el uso del equipo de protección personal. Ambos controles son indispensables para garantizar el funcionamiento óptimo del equipo y la reducción de la exposición en ciertas actividades donde la concentración de polvos es mayor que el límite máximo permisible.

El Elemento 4, está a cargo de realizar los muestreos de polvo para cuantificar la exposición de los empleados y los posibles efectos debido a un cambio en el equipo, el proceso o la materia prima. Establece los datos estadísticos para proceder a solucionar el problema a partir de los elementos 2 y/o 3. Define los procedimientos de muestreo y la interpretación de los resultados.

El Elemento 5, establece un programa de control médico en forma periódica y determina ciertos criterios para asegurar que los empleados no corran ningún riesgo asociado con la exposición al polvo. En caso contrario deberá aplicar las medidas correctivas necesarias.

El Elemento 6, se encarga de capacitar al personal para que pueda realizar sus funciones en relación al programa de control de polvos. Es

indispensable que el entrenamiento se dé en base anual para asegurar la actualización del material y el reforzamiento continuo en la importancia del cumplimiento de cada una de las responsabilidades descritas.

La finalidad última de este manual es reducir la contaminación por polvos en una planta de pañales desechables, garantizando así la integridad física de los empleados y cumpliendo por ende con los reglamentos gubernamentales relacionados con la seguridad e higiene industrial.

TABLA 1

Umrales de confianza para ciertas sustancias tóxicas¹

Sustancia	mg/m ³ ^a	Sustancia	mg/m ³
Antimonio	0.5	Palatión	0.1
Arsénico	0.5	Fósforo (amarillo)	0.1
Bario	0.5	Acido Pícrico	0.1
Oxido de Cadmio	0.1	Dieldrin	0.25
Cromatos	0.1	Hidróxido de Sodio	2
Cianuro	5	Acido Sulfúrico	1
Ferrovandio	1	Telurio	0.1
Fluoruro	2.5	Dióxido de Titanio	15
Oxido de Hierro	15	Tricloronaftolueno	5
Plomo	0.15	Trinitrotolueno	1.5
Oxido de Magnesio	15	Uranio	
Malatión	15	(comp. solubles)	0.05
Manganeso	6	(comp. insolubles.)	0.25
Molibdeno		Vanadio	0.05
(compuestos solubles.)	5	Oxido de Cinc	15
(comp. insolubles.)	15	Mercurio	0.1

¹ García Ortega, Rosa Lidia, 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. pág. 19.

^a Miligramos por metro cúbico

TABLA 2

Umbral de Confianza para ciertos polvos minerales tóxicos²

Sustancia	Mp/pie ³ ^b
Asbesto	5
Poivo (no exento de sílice libre)	50
Mica (con menos del 5% de sílice libre)	20
Cemento Portland	50
Sílice	
Alta (arriba del 50 % de sílice libre)	5
Media (con un 5 a 50% de sílice libre)	20
Baja (menos de un 5 % de sílice libre)	50
Carburo de Silicón	50
Pizarra (con menos del 5% de sílice libre)	50
Esteatita (con menos del 5% de sílice libre)	20
Poivo Total (con menos del 5 % de sílice libre)	50

² García Ortega, Rosa Lidia. 1974. Prevención y control de polvos industriales. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.pág. 20.

^b Millones de partículas por pie cúbico

TABLA 3

Concentración mínima de explosión para diversos polvos³

Polvo	Concentración de explosión mínima g / dm ^{3c}
Metales:	
Magnesio	0.02 - 0.5
Aluminio	0.035 - 0.04
Hierro	0.105
Hierro reducido por Hidrógeno	0.12 - 0.25
Antimonio	0.19 - 0.22
Circonio	0.19
Manganeso	0.21 - 0.35
Zinc	0.5
Resinas:	
De urea	0.7 - 0.135
Fenólicas	0.025 - 0.175
De lignina	0.04 - 0.065
De vinilo	0.02 - 0.04
De Poliestireno	0.02
De Acetato de celulosa	0.035 - 0.04
Caucho sintético	0.03
Hulla bituminosa	0.03 - 0.08

³ García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, pág. 29.

^c Gramos por decímetro cúbico ó gramos por litro

TABLA 3 (continuación)

Polvo	Concentración de explosión mínima g / dm ³
Otros polvos:	
Harina	0.052
Glucosa	0.225
Alimento de ganado vacuno	0.30
Alimento de aves de corral	0.272
Trigo	0.150
Almidón	0.098
Azúcar	0.066
Polvo de pegamento	0.094
Cocoa	0.103
Leche deshidratada	0.094
Harina de papa	0.225
Harina de soya	0.066
Celuloide común	0.024
Geluloide translúcido	0.031
Hulla	0.141

TABLA 4

Inflamabilidad Relativa de diversos polvos orgánicos⁴

Polvos orgánicos	Inflamabilidad Relativa
Resina de acetato de celulosa	90+
Resina de poliestireno	90+
Compuesto para moldear caucho sintético	90+
Resina de lignina	90+
Resina fenólica	90+
Resina de laca	90+
Compuestos para moldear de acetato y butirato de celulosa	90+
Resina de Urea	80
Maíz y Almidón de Maíz	70
Hulla Bituminosa	65
Almidón de papa	57
Harina de Trigo	55
Tabaco para fumar	20
Antracita	0

⁴ García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, pág. 33

TABLA 5

Inflamabilidad Relativa de diversos polvos metálicos⁵

Polvos metálicos	Inflamabilidad Relativa
Magnesio	90+
Circonio (Molido)	90+
Metal Dow	90
Hierro reducido por Hidrógeno	90
Hierro (de su carbonilo)	85
Aluminio	80
Antimonio (Molido)	65
Manganeso	40
Zinc	35
Cadmio (Atomizado)	18

⁵ ibid. pág. 34.

TABLA 6.

Porcentajes máximos de oxígeno⁶

POLVOS	OXIGENO %
Aluminio	3
Zinc	10
Hierro (de carbonilo de hierro)	10
Hierro (reducido por el hidrógeno)	13 a 18
Manganeso	15
Silicio	15
Antimonio	16
Estaño	16

⁶ García Montserrat, J.L. 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.pág. 37.

TABLA 7

Máxima cantidad de oxígeno para nubes de polvo de plásticos⁷.

POLVO	OXÍGENO	
	Prueba de la chispa	Prueba homo a 850° C
Resinas:		
fenólicas	14.5 - 19	9 - 15
de urea	17	11-15
de lignina	17	7-13
de vinilo	14.5 - 17	5 - 15
de poliestireno	14.5	7
de acetato de celulosa	14.5	7 - 11
Goma laca	14.5	9
Comp. para moldear		
Fenólicos	14.5	7 - 9
de urea	17	9 - 11
de celulosa	11.55 - 14.5	7
Poliestireno	14.5	9

⁷ ibid. pág. 38. Nótese en dicha tabla la importancia del método de ignición.

APENDICE B

TABLA B.1. Percentiles de la distribución t-Student

Grados de libertad		CANTIDAD	
Grados de libertad	Grados de libertad	Grados de libertad	Grados de libertad
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
15	20	25	30
40	50	60	70
80	100	120	150
200	300	400	500
1000	∞		

Percentiles de la distribución t-Student

Grados de libertad	Grados de libertad	Grados de libertad	Grados de libertad
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
15	20	25	30
40	50	60	70
80	100	120	150
200	300	400	500
1000	∞		

TABLA 8

Percentiles de la distribución t-Student⁸

α	t_{α}	$t_{2\alpha}$	$t_{3\alpha}$	$t_{4\alpha}$	$t_{5\alpha}$	$t_{10\alpha}$	$t_{20\alpha}$	t_{∞}
1	.225	.727	1.378	2.079	2.634	3.076	3.182	3.657
2	.289	.617	1.061	1.586	2.020	2.308	2.398	2.925
3	.277	.584	.978	1.486	1.953	2.182	2.262	2.741
4	.271	.560	.941	1.433	1.922	2.152	2.232	2.704
5	.267	.550	.920	1.416	1.908	2.138	2.218	2.682
6	.265	.543	.908	1.400	1.894	2.126	2.208	2.667
7	.263	.539	.896	1.415	1.886	2.123	2.205	2.662
8	.262	.536	.889	1.397	1.880	2.120	2.202	2.658
9	.261	.534	.883	1.389	1.873	2.118	2.200	2.655
10	.260	.532	.879	1.372	1.872	2.116	2.198	2.653
11	.260	.530	.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	.259	.529	.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	.259	.528	.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	.258	.527	.868	1.345	1.761	2.145	2.634	2.977
15	.258	.526	.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	.258	.525	.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	.257	.524	.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	.257	.524	.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	.257	.523	.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	.257	.523	.860	1.325	1.723	2.086	2.528	2.845
21	.257	.522	.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	.256	.522	.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	.256	.522	.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	.256	.521	.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	.256	.521	.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	.256	.521	.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	.256	.521	.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	.256	.520	.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	.256	.520	.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	.256	.520	.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	.255	.519	.851	1.308	1.694	2.021	2.423	2.704
60	.254	.517	.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
100	.254	.516	.845	1.289	1.658	1.980	2.368	2.617
∞	.253	.514	.843	1.282	1.645	1.960	2.336	2.576



⁸ Montgomery Douglas C., *Control Estadístico de la Calidad*, Grupo Editorial Iberoamericana México, 1991, pág. 120.

APENDICE C

Clase	1	2	3	4	5	6	7	8
100-110	100	110	120	130	140	150	160	170
110-120	110	120	130	140	150	160	170	180
120-130	120	130	140	150	160	170	180	190
130-140	130	140	150	160	170	180	190	200
140-150	140	150	160	170	180	190	200	210
150-160	150	160	170	180	190	200	210	220
160-170	160	170	180	190	200	210	220	230
170-180	170	180	190	200	210	220	230	240
180-190	180	190	200	210	220	230	240	250
190-200	190	200	210	220	230	240	250	260
200-210	200	210	220	230	240	250	260	270
210-220	210	220	230	240	250	260	270	280
220-230	220	230	240	250	260	270	280	290
230-240	230	240	250	260	270	280	290	300
240-250	240	250	260	270	280	290	300	310
250-260	250	260	270	280	290	300	310	320
260-270	260	270	280	290	300	310	320	330
270-280	270	280	290	300	310	320	330	340
280-290	280	290	300	310	320	330	340	350
290-300	290	300	310	320	330	340	350	360
300-310	300	310	320	330	340	350	360	370
310-320	310	320	330	340	350	360	370	380
320-330	320	330	340	350	360	370	380	390
330-340	330	340	350	360	370	380	390	400
340-350	340	350	360	370	380	390	400	410
350-360	350	360	370	380	390	400	410	420
360-370	360	370	380	390	400	410	420	430
370-380	370	380	390	400	410	420	430	440
380-390	380	390	400	410	420	430	440	450
390-400	390	400	410	420	430	440	450	460
400-410	400	410	420	430	440	450	460	470
410-420	410	420	430	440	450	460	470	480
420-430	420	430	440	450	460	470	480	490
430-440	430	440	450	460	470	480	490	500
440-450	440	450	460	470	480	490	500	510
450-460	450	460	470	480	490	500	510	520
460-470	460	470	480	490	500	510	520	530
470-480	470	480	490	500	510	520	530	540
480-490	480	490	500	510	520	530	540	550
490-500	490	500	510	520	530	540	550	560
500-510	500	510	520	530	540	550	560	570
510-520	510	520	530	540	550	560	570	580
520-530	520	530	540	550	560	570	580	590
530-540	530	540	550	560	570	580	590	600
540-550	540	550	560	570	580	590	600	610
550-560	550	560	570	580	590	600	610	620
560-570	560	570	580	590	600	610	620	630
570-580	570	580	590	600	610	620	630	640
580-590	580	590	600	610	620	630	640	650
590-600	590	600	610	620	630	640	650	660
600-610	600	610	620	630	640	650	660	670
610-620	610	620	630	640	650	660	670	680
620-630	620	630	640	650	660	670	680	690
630-640	630	640	650	660	670	680	690	700
640-650	640	650	660	670	680	690	700	710
650-660	650	660	670	680	690	700	710	720
660-670	660	670	680	690	700	710	720	730
670-680	670	680	690	700	710	720	730	740
680-690	680	690	700	710	720	730	740	750
690-700	690	700	710	720	730	740	750	760
700-710	700	710	720	730	740	750	760	770
710-720	710	720	730	740	750	760	770	780
720-730	720	730	740	750	760	770	780	790
730-740	730	740	750	760	770	780	790	800
740-750	740	750	760	770	780	790	800	810
750-760	750	760	770	780	790	800	810	820
760-770	760	770	780	790	800	810	820	830
770-780	770	780	790	800	810	820	830	840
780-790	780	790	800	810	820	830	840	850
790-800	790	800	810	820	830	840	850	860
800-810	800	810	820	830	840	850	860	870
810-820	810	820	830	840	850	860	870	880
820-830	820	830	840	850	860	870	880	890
830-840	830	840	850	860	870	880	890	900
840-850	840	850	860	870	880	890	900	910
850-860	850	860	870	880	890	900	910	920
860-870	860	870	880	890	900	910	920	930
870-880	870	880	890	900	910	920	930	940
880-890	880	890	900	910	920	930	940	950
890-900	890	900	910	920	930	940	950	960
900-910	900	910	920	930	940	950	960	970
910-920	910	920	930	940	950	960	970	980
920-930	920	930	940	950	960	970	980	990
930-940	930	940	950	960	970	980	990	1000

Historial clínico

Tabla de conversión para los resultados espirométricos

HISTORIAL MEDICO⁹

Nombre del obrero: _____

Edad: _____ Sexo: _____ Estatura: _____

Trabajo anterior: _____

Antecedentes Hereditarios: _____

Antecedentes personales: _____

Deformaciones orgánicas: _____

Integridad física: _____

APARATO RESPIRATORIO:

Examen clínico: _____

Examen radiológico: _____ [Sobre todo en Ind.]

Pruebas de laboratorio: _____

APARATO CIRCULATORIO:

Examen clínico comprendiendo tensión arterial: _____

Investigación de várices: _____

Exámenes de laboratorio: _____

*Fórmula leucocitaria y tiempo de coagulación en trabajos con bauxita, granujales y asfalto en trabajos con plomo: pruebas serológicas en várices, tejedores, canilleros, etc.]

APARATO DIGESTIVO:

Estado de la boca y de la faringe: _____ [Várices, plomeros, trabajos con mercurio]

Examen clínico: _____

Hemias: _____

Exámenes de laboratorio: _____ [Coprológico en mineros, etc. Pruebas de insuficiencia hepática en tintoreros]

APARATO GENITOURINARIO:

Examen clínico: _____

Pruebas de laboratorio: _____ [Examen de orina en plomeros]

SISTEMA NERVIOSO:

Sensibilidad general: _____

Reflejos: _____

PSIQUISMO:

Atención: _____

Memoria: _____

Ideación: _____

Eficiencia psicomotriz: _____

ORGANOS DE LOS SENTIDOS:

Agudeza visual. Ojo derecho: _____ Ojo izquierdo: _____

Investigación del Daltonismo: _____

Investigación de Hemeralopía: _____

Campo visual: _____

Perímetro: _____

Reflejos Pupilares: _____ a la luz _____ a la acomodación

Consensual: _____

⁹ Obtenido de Procter and Gamble de México, S.A de C.V.

HISTORIAL CLINICO (continuación)

EXAMEN DE LOS OJOS:

Refracción: ojo derecho: _____ /100, ojo izquierdo: _____ /100

Voz eufónica: ojo derecho: _____ Ojo izquierdo: _____

OLFATO:

APARATO LOCOMOTOR:

Estado de las articulaciones: _____

Marcha: _____

Movimientos: _____

Estado de la piel: _____

OBSERVACIONES:

CONTROL DE LA ACTITUD DEPORTIVA DEL TRABAJADOR:

Perímetro del cuello: _____

Perímetro torácico: Inspiración: _____ Expiración: _____

Perímetro del abdomen al nivel del ombligo: _____

Longitud de los miembros superiores: _____

Perímetro del brazo: _____ Perímetro del antebrazo: _____

Longitud de los miembros inferiores: _____ Perímetro del muslo: _____

Perímetro de pierna: _____ Coeficiente de robustez: _____

Fuerza en el dinamómetro: _____ Prueba de lían: _____

Exámenes a los 6 meses: Observaciones: _____

Exámenes al año: observaciones: _____

Categoría y clase de trabajo que desempeña el obrero: _____

Deportes que puede practicar: _____

Deportes aconsejados: _____

TABLA 9

Conversión de factores¹⁰ de ATPS¹¹ A BTPS¹²

PRESS mmHg	TEMPERATURE DEGREES C →									
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
575	1.1240	1.1161	1.1103	1.1046	1.0989	1.0932	1.0876	1.0820	1.0762	1.0724
576	1.1236	1.1180	1.1122	1.1045	1.0988	1.0931	1.0875	1.0819	1.0762	1.0723
577	1.1237	1.1199	1.1151	1.1044	1.0987	1.0930	1.0874	1.0818	1.0761	1.0723
578	1.1236	1.1196	1.1150	1.1043	1.0986	1.0929	1.0873	1.0817	1.0760	1.0722
579	1.1235	1.1157	1.1099	1.1042	1.0985	1.0928	1.0872	1.0816	1.0759	1.0721
580	1.1234	1.1156	1.1098	1.1041	1.0984	1.0927	1.0871	1.0815	1.0758	1.0720
581	1.1233	1.1155	1.1097	1.1040	1.0983	1.0926	1.0870	1.0814	1.0757	1.0719
582	1.1232	1.1154	1.1096	1.1039	1.0982	1.0925	1.0869	1.0813	1.0756	1.0718
583	1.1230	1.1153	1.1095	1.1038	1.0981	1.0925	1.0869	1.0813	1.0756	1.0717
584	1.1229	1.1152	1.1094	1.1037	1.0980	1.0924	1.0868	1.0812	1.0755	1.0717
585	1.1228	1.1151	1.1093	1.1036	1.0979	1.0923	1.0867	1.0811	1.0754	1.0716
586	1.1227	1.1148	1.1092	1.1035	1.0978	1.0922	1.0866	1.0810	1.0753	1.0715
587	1.1226	1.1148	1.1091	1.1034	1.0977	1.0921	1.0865	1.0809	1.0752	1.0714
588	1.1225	1.1147	1.1090	1.1033	1.0976	1.0920	1.0864	1.0808	1.0751	1.0713
589	1.1224	1.1146	1.1089	1.1032	1.0975	1.0919	1.0863	1.0807	1.0750	1.0712
590	1.1223	1.1145	1.1088	1.1031	1.0974	1.0918	1.0862	1.0806	1.0749	1.0711
591	1.1221	1.1144	1.1087	1.1030	1.0974	1.0917	1.0861	1.0805	1.0748	1.0710
592	1.1220	1.1143	1.1086	1.1029	1.0973	1.0917	1.0861	1.0805	1.0748	1.0710
593	1.1219	1.1142	1.1085	1.1028	1.0972	1.0916	1.0860	1.0804	1.0747	1.0709
594	1.1218	1.1141	1.1084	1.1027	1.0971	1.0915	1.0859	1.0803	1.0746	1.0708
595	1.1217	1.1140	1.1083	1.1026	1.0970	1.0914	1.0858	1.0802	1.0745	1.0707
596	1.1216	1.1139	1.1082	1.1025	1.0969	1.0913	1.0857	1.0801	1.0744	1.0706
597	1.1215	1.1138	1.1081	1.1024	1.0968	1.0912	1.0856	1.0800	1.0743	1.0705
598	1.1214	1.1137	1.1080	1.1023	1.0967	1.0911	1.0855	1.0800	1.0742	1.0704
599	1.1213	1.1136	1.1079	1.1022	1.0966	1.0910	1.0854	1.0800	1.0741	1.0703
600	1.1212	1.1135	1.1078	1.1021	1.0965	1.0910	1.0854	1.0800	1.0740	1.0702
601	1.1210	1.1134	1.1077	1.1021	1.0964	1.0908	1.0853	1.0800	1.0739	1.0701
602	1.1209	1.1133	1.1076	1.1020	1.0964	1.0908	1.0853	1.0800	1.0738	1.0700
603	1.1208	1.1132	1.1075	1.1018	1.0963	1.0907	1.0852	1.0800	1.0737	1.0700
604	1.1207	1.1131	1.1074	1.1018	1.0962	1.0906	1.0851	1.0800	1.0736	1.0700
605	1.1206	1.1130	1.1073	1.1017	1.0961	1.0905	1.0851	1.0800	1.0735	1.0700
606	1.1205	1.1129	1.1072	1.1016	1.0960	1.0904	1.0850	1.0800	1.0734	1.0700
607	1.1204	1.1128	1.1071	1.1015	1.0959	1.0904	1.0850	1.0800	1.0733	1.0700
608	1.1203	1.1127	1.1070	1.1014	1.0958	1.0903	1.0850	1.0800	1.0732	1.0700
609	1.1202	1.1126	1.1070	1.1013	1.0957	1.0902	1.0850	1.0800	1.0731	1.0700
610	1.1201	1.1125	1.1069	1.1012	1.0957	1.0901	1.0850	1.0800	1.0730	1.0700
611	1.1200	1.1124	1.1068	1.1012	1.0956	1.0900	1.0850	1.0800	1.0729	1.0700
612	1.1199	1.1123	1.1067	1.1011	1.0955	1.0900	1.0850	1.0800	1.0728	1.0700
613	1.1198	1.1122	1.1066	1.1010	1.0954	1.0900	1.0850	1.0800	1.0727	1.0700
614	1.1197	1.1121	1.1065	1.1009	1.0953	1.0900	1.0850	1.0800	1.0726	1.0700
615	1.1196	1.1120	1.1064	1.1008	1.0952	1.0900	1.0850	1.0800	1.0725	1.0700
616	1.1195	1.1119	1.1063	1.1007	1.0951	1.0900	1.0850	1.0800	1.0724	1.0700
617	1.1194	1.1118	1.1062	1.1006	1.0950	1.0900	1.0850	1.0800	1.0723	1.0700
618	1.1193	1.1118	1.1061	1.1005	1.0949	1.0900	1.0850	1.0800	1.0722	1.0700
619	1.1192	1.1117	1.1060	1.1004	1.0948	1.0900	1.0850	1.0800	1.0721	1.0700
620	1.1191	1.1116	1.1059	1.1003	1.0947	1.0900	1.0850	1.0800	1.0720	1.0700
621	1.1190	1.1115	1.1058	1.1003	1.0947	1.0900	1.0850	1.0800	1.0719	1.0700
622	1.1189	1.1114	1.1058	1.1002	1.0947	1.0900	1.0850	1.0800	1.0718	1.0700
623	1.1188	1.1113	1.1057	1.1001	1.0946	1.0900	1.0850	1.0800	1.0717	1.0700
624	1.1187	1.1112	1.1056	1.1000	1.0945	1.0900	1.0850	1.0800	1.0716	1.0700

¹⁰ Fourier, E., Informallon medicalea. Paris Francia No. 10, Junio 1963.

¹¹ Atmospheric Temperature and Pressure Saturated with water (Temperatura y presión atmosférica saturada con agua)

¹² Body Temperature and Pressure Saturated with water (temperatura y presión corporal saturada con agua)

TABLA 9 (continuación)

Conversión de factores de ATPS¹¹ A BTPS¹²

PRESS mmHg	TEMPERATURE DEGREES C °C								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
625	1.1106	1.1111	1.1055	1.0999	1.0944	1.0889	1.0834	1.0779	1.0724
626	1.1185	1.1110	1.1054	1.0999	1.0943	1.0888	1.0833	1.0778	1.0723
627	1.1184	1.1109	1.1053	1.0998	1.0942	1.0887	1.0832	1.0777	1.0722
628	1.1183	1.1108	1.1052	1.0997	1.0941	1.0886	1.0831	1.0776	1.0721
629	1.1182	1.1107	1.1051	1.0996	1.0940	1.0885	1.0830	1.0775	1.0720
630	1.1181	1.1106	1.1050	1.0995	1.0939	1.0884	1.0829	1.0774	1.0719
631	1.1180	1.1105	1.1049	1.0994	1.0938	1.0883	1.0828	1.0773	1.0718
632	1.1179	1.1104	1.1048	1.0993	1.0937	1.0882	1.0827	1.0772	1.0717
633	1.1178	1.1103	1.1047	1.0992	1.0936	1.0881	1.0826	1.0771	1.0716
634	1.1177	1.1102	1.1046	1.0991	1.0935	1.0880	1.0825	1.0770	1.0715
635	1.1176	1.1101	1.1045	1.0990	1.0934	1.0879	1.0824	1.0769	1.0714
636	1.1175	1.1100	1.1044	1.0989	1.0933	1.0878	1.0823	1.0768	1.0713
637	1.1174	1.1099	1.1043	1.0988	1.0932	1.0877	1.0822	1.0767	1.0712
638	1.1173	1.1098	1.1042	1.0987	1.0931	1.0876	1.0821	1.0766	1.0711
639	1.1172	1.1097	1.1041	1.0986	1.0930	1.0875	1.0820	1.0765	1.0710
640	1.1171	1.1096	1.1040	1.0985	1.0929	1.0874	1.0819	1.0764	1.0709
641	1.1170	1.1095	1.1039	1.0984	1.0928	1.0873	1.0818	1.0763	1.0708
642	1.1170	1.1094	1.1038	1.0983	1.0927	1.0872	1.0817	1.0762	1.0707
643	1.1169	1.1093	1.1037	1.0982	1.0926	1.0871	1.0816	1.0761	1.0706
644	1.1168	1.1092	1.1036	1.0981	1.0925	1.0870	1.0815	1.0760	1.0705
645	1.1167	1.1091	1.1035	1.0980	1.0924	1.0869	1.0814	1.0759	1.0704
646	1.1166	1.1090	1.1034	1.0979	1.0923	1.0868	1.0813	1.0758	1.0703
647	1.1165	1.1089	1.1033	1.0978	1.0922	1.0867	1.0812	1.0757	1.0702
648	1.1164	1.1088	1.1032	1.0977	1.0921	1.0866	1.0811	1.0756	1.0701
649	1.1163	1.1087	1.1031	1.0976	1.0920	1.0865	1.0810	1.0755	1.0700
650	1.1162	1.1086	1.1030	1.0975	1.0919	1.0864	1.0809	1.0754	1.0699
651	1.1161	1.1085	1.1029	1.0974	1.0918	1.0863	1.0808	1.0753	1.0698
652	1.1160	1.1084	1.1028	1.0973	1.0917	1.0862	1.0807	1.0752	1.0697
653	1.1160	1.1083	1.1027	1.0972	1.0916	1.0861	1.0806	1.0751	1.0696
654	1.1159	1.1082	1.1026	1.0971	1.0915	1.0860	1.0805	1.0750	1.0695
655	1.1158	1.1081	1.1025	1.0970	1.0914	1.0859	1.0804	1.0749	1.0694
656	1.1157	1.1080	1.1024	1.0969	1.0913	1.0858	1.0803	1.0748	1.0693
657	1.1156	1.1079	1.1023	1.0968	1.0912	1.0857	1.0802	1.0747	1.0692
658	1.1155	1.1078	1.1022	1.0967	1.0911	1.0856	1.0801	1.0746	1.0691
659	1.1154	1.1077	1.1021	1.0966	1.0910	1.0855	1.0800	1.0745	1.0690
660	1.1153	1.1076	1.1020	1.0965	1.0909	1.0854	1.0799	1.0744	1.0689
661	1.1152	1.1075	1.1019	1.0964	1.0908	1.0853	1.0798	1.0743	1.0688
662	1.1152	1.1074	1.1018	1.0963	1.0907	1.0852	1.0797	1.0742	1.0687
663	1.1151	1.1073	1.1017	1.0962	1.0906	1.0851	1.0796	1.0741	1.0686
664	1.1150	1.1072	1.1016	1.0961	1.0905	1.0850	1.0795	1.0740	1.0685
665	1.1149	1.1071	1.1015	1.0960	1.0904	1.0849	1.0794	1.0739	1.0684
666	1.1148	1.1070	1.1014	1.0959	1.0903	1.0848	1.0793	1.0738	1.0683
667	1.1147	1.1069	1.1013	1.0958	1.0902	1.0847	1.0792	1.0737	1.0682
668	1.1146	1.1068	1.1012	1.0957	1.0901	1.0846	1.0791	1.0736	1.0681
669	1.1145	1.1067	1.1011	1.0956	1.0899	1.0844	1.0789	1.0734	1.0680
670	1.1144	1.1066	1.1010	1.0955	1.0898	1.0843	1.0788	1.0733	1.0679
671	1.1144	1.1065	1.1009	1.0954	1.0897	1.0842	1.0787	1.0732	1.0678
672	1.1143	1.1064	1.1008	1.0953	1.0896	1.0841	1.0786	1.0731	1.0677
673	1.1142	1.1063	1.1007	1.0952	1.0895	1.0840	1.0785	1.0730	1.0676
674	1.1141	1.1062	1.1006	1.0951	1.0894	1.0839	1.0784	1.0729	1.0675

11 Atmospheric Temperature and Pressure Saturated with water (Temperatura y presión atmosférica saturada con agua)

12 Body Temperature and Pressure Saturated with water (temperatura y presión corporal saturada con agua)

TABLA 9 (continuación)

Conversión de factores de ATPS¹¹ A BTPS¹²

PRESS mmHg	TEMPERATURE DEGREES C [°]								
	19	20	21	22	23	24	25	26.	27
675	1.1140	1.1099	1.1014	1.0960	1.0907	1.0853	1.0794	1.0731	1.0662
676	1.1140	1.1098	1.1014	1.0960	1.0906	1.0853	1.0793	1.0731	1.0662
677	1.1139	1.1087	1.1013	1.0958	1.0905	1.0852	1.0792	1.0730	1.0661
678	1.1138	1.1086	1.1012	1.0956	1.0903	1.0851	1.0792	1.0729	1.0661
679	1.1137	1.1086	1.1011	1.0957	1.0904	1.0851	1.0791	1.0729	1.0660
680	1.1136	1.1085	1.1011	1.0957	1.0903	1.0850	1.0791	1.0728	1.0660
681	1.1136	1.1084	1.1010	1.0956	1.0902	1.0849	1.0790	1.0728	1.0659
682	1.1135	1.1083	1.1009	1.0955	1.0902	1.0848	1.0779	1.0727	1.0659
683	1.1134	1.1083	1.1008	1.0955	1.0901	1.0848	1.0779	1.0727	1.0658
684	1.1133	1.1082	1.1008	1.0954	1.0900	1.0847	1.0778	1.0726	1.0658
685	1.1132	1.1081	1.1007	1.0953	1.0899	1.0847	1.0778	1.0725	1.0657
686	1.1131	1.1080	1.1006	1.0952	1.0898	1.0846	1.0777	1.0725	1.0657
687	1.1131	1.1080	1.1006	1.0952	1.0898	1.0845	1.0777	1.0724	1.0656
688	1.1130	1.1059	1.1005	1.0951	1.0896	1.0845	1.0776	1.0724	1.0656
689	1.1129	1.1058	1.1004	1.0950	1.0897	1.0844	1.0775	1.0723	1.0655
690	1.1128	1.1057	1.1003	1.0950	1.0896	1.0844	1.0775	1.0723	1.0655
691	1.1127	1.1057	1.1003	1.0949	1.0896	1.0843	1.0774	1.0722	1.0654
692	1.1127	1.1056	1.1002	1.0948	1.0895	1.0842	1.0774	1.0722	1.0654
693	1.1126	1.1055	1.1001	1.0948	1.0894	1.0842	1.0773	1.0721	1.0653
694	1.1125	1.1054	1.1001	1.0947	1.0894	1.0841	1.0772	1.0720	1.0653
695	1.1124	1.1054	1.1000	1.0946	1.0893	1.0840	1.0772	1.0720	1.0652
696	1.1124	1.1053	1.0999	1.0946	1.0893	1.0840	1.0771	1.0719	1.0652
697	1.1123	1.1052	1.0998	1.0945	1.0892	1.0839	1.0771	1.0719	1.0651
698	1.1122	1.1052	1.0998	1.0944	1.0891	1.0838	1.0770	1.0718	1.0651
699	1.1121	1.1051	1.0997	1.0944	1.0891	1.0838	1.0770	1.0718	1.0650
700	1.1120	1.1050	1.0996	1.0943	1.0890	1.0837	1.0769	1.0717	1.0650
701	1.1120	1.1049	1.0996	1.0942	1.0889	1.0837	1.0769	1.0717	1.0649
702	1.1118	1.1049	1.0995	1.0942	1.0889	1.0836	1.0768	1.0716	1.0649
703	1.1118	1.1048	1.0994	1.0941	1.0888	1.0835	1.0767	1.0716	1.0648
704	1.1117	1.1047	1.0994	1.0940	1.0887	1.0835	1.0767	1.0715	1.0648
705	1.1117	1.1047	1.0993	1.0940	1.0887	1.0834	1.0766	1.0715	1.0647
706	1.1116	1.1046	1.0992	1.0939	1.0886	1.0834	1.0766	1.0714	1.0647
707	1.1115	1.1045	1.0992	1.0938	1.0886	1.0833	1.0766	1.0713	1.0646
708	1.1114	1.1044	1.0991	1.0938	1.0885	1.0832	1.0765	1.0713	1.0646
709	1.1114	1.1044	1.0990	1.0937	1.0884	1.0832	1.0764	1.0712	1.0646
710	1.1113	1.1043	1.0990	1.0936	1.0884	1.0831	1.0764	1.0712	1.0645
711	1.1112	1.1042	1.0989	1.0936	1.0883	1.0831	1.0763	1.0711	1.0645
712	1.1111	1.1042	1.0988	1.0935	1.0882	1.0830	1.0762	1.0711	1.0644
713	1.1111	1.1041	1.0988	1.0934	1.0882	1.0830	1.0762	1.0710	1.0644
714	1.1110	1.1040	1.0987	1.0934	1.0881	1.0829	1.0761	1.0710	1.0643
715	1.1109	1.1040	1.0986	1.0933	1.0881	1.0828	1.0761	1.0709	1.0643
716	1.1108	1.1039	1.0986	1.0933	1.0880	1.0828	1.0760	1.0708	1.0642
717	1.1108	1.1038	1.0985	1.0932	1.0879	1.0827	1.0760	1.0708	1.0642
718	1.1107	1.1037	1.0984	1.0931	1.0878	1.0827	1.0759	1.0708	1.0641
719	1.1106	1.1037	1.0984	1.0931	1.0878	1.0826	1.0759	1.0707	1.0641
720	1.1105	1.1036	1.0983	1.0930	1.0878	1.0825	1.0758	1.0707	1.0640
721	1.1105	1.1035	1.0982	1.0929	1.0877	1.0825	1.0758	1.0706	1.0640
722	1.1104	1.1035	1.0982	1.0929	1.0876	1.0824	1.0757	1.0706	1.0640
723	1.1103	1.1034	1.0981	1.0928	1.0876	1.0824	1.0757	1.0705	1.0639
724	1.1103	1.1033	1.0980	1.0926	1.0875	1.0823	1.0756	1.0705	1.0639

¹¹ Atmospheric Temperature and Pressure Saturated with water (Temperatura y presión atmosférica saturada con agua)

¹² Body Temperature and Pressure Saturated with water (temperatura y presión corporal saturada con agua)

TABLA 9 (continuación)

Conversión de factores de ATPS¹¹ A BTPS¹²

PRESS mmHg	TEMPERATURE DEGREES C --								
	18	20	21	22	23	24	25	26	27
725	1.1102	1.1033	1.0980	1.0937	1.0875	1.0823	1.0758	1.0704	1.0638
726	1.1101	1.1032	1.0979	1.0936	1.0874	1.0822	1.0756	1.0704	1.0635
727	1.1100	1.1031	1.0978	1.0935	1.0873	1.0821	1.0756	1.0703	1.0637
728	1.1100	1.1031	1.0978	1.0935	1.0873	1.0821	1.0754	1.0702	1.0636
729	1.1099	1.1030	1.0977	1.0934	1.0872	1.0820	1.0754	1.0702	1.0636
730	1.1098	1.1029	1.0976	1.0934	1.0872	1.0820	1.0752	1.0701	1.0635
731	1.1098	1.1029	1.0976	1.0933	1.0871	1.0819	1.0752	1.0701	1.0635
732	1.1097	1.1028	1.0975	1.0933	1.0870	1.0819	1.0752	1.0701	1.0635
733	1.1096	1.1027	1.0975	1.0932	1.0870	1.0818	1.0751	1.0700	1.0635
734	1.1095	1.1027	1.0974	1.0931	1.0869	1.0818	1.0751	1.0700	1.0634
735	1.1095	1.1026	1.0973	1.0931	1.0869	1.0817	1.0750	1.0699	1.0634
736	1.1094	1.1026	1.0973	1.0930	1.0868	1.0816	1.0750	1.0699	1.0633
737	1.1093	1.1025	1.0972	1.0930	1.0868	1.0816	1.0749	1.0698	1.0633
738	1.1093	1.1024	1.0971	1.0929	1.0867	1.0815	1.0749	1.0698	1.0632
739	1.1092	1.1024	1.0971	1.0928	1.0866	1.0815	1.0748	1.0697	1.0632
740	1.1091	1.1023	1.0970	1.0928	1.0865	1.0814	1.0748	1.0697	1.0632
741	1.1091	1.1022	1.0970	1.0927	1.0865	1.0814	1.0747	1.0697	1.0631
742	1.1090	1.1022	1.0969	1.0927	1.0865	1.0813	1.0747	1.0696	1.0631
743	1.1089	1.1021	1.0968	1.0926	1.0864	1.0813	1.0746	1.0696	1.0630
744	1.1089	1.1020	1.0968	1.0925	1.0864	1.0812	1.0746	1.0695	1.0630
745	1.1088	1.1020	1.0967	1.0925	1.0863	1.0812	1.0745	1.0695	1.0629
746	1.1087	1.1019	1.0967	1.0924	1.0863	1.0811	1.0745	1.0694	1.0629
747	1.1087	1.1019	1.0966	1.0924	1.0862	1.0810	1.0744	1.0694	1.0629
748	1.1086	1.1018	1.0965	1.0923	1.0861	1.0809	1.0744	1.0693	1.0628
749	1.1085	1.1017	1.0965	1.0923	1.0861	1.0809	1.0743	1.0693	1.0627
750	1.1085	1.1017	1.0964	1.0922	1.0860	1.0808	1.0743	1.0692	1.0627
751	1.1084	1.1016	1.0964	1.0922	1.0860	1.0808	1.0742	1.0692	1.0626
752	1.1083	1.1015	1.0963	1.0921	1.0859	1.0807	1.0742	1.0691	1.0626
753	1.1083	1.1015	1.0962	1.0920	1.0859	1.0807	1.0741	1.0691	1.0626
754	1.1082	1.1014	1.0962	1.0920	1.0858	1.0807	1.0741	1.0690	1.0625
755	1.1081	1.1014	1.0961	1.0919	1.0858	1.0806	1.0740	1.0690	1.0625
756	1.1081	1.1013	1.0961	1.0919	1.0857	1.0805	1.0740	1.0689	1.0624
757	1.1080	1.1012	1.0960	1.0918	1.0856	1.0805	1.0739	1.0689	1.0624
758	1.1079	1.1012	1.0959	1.0918	1.0856	1.0805	1.0739	1.0688	1.0624
759	1.1078	1.1011	1.0959	1.0917	1.0855	1.0804	1.0738	1.0688	1.0623
760	1.1078	1.1011	1.0958	1.0916	1.0855	1.0803	1.0738	1.0687	1.0623
761	1.1077	1.1010	1.0958	1.0916	1.0854	1.0803	1.0737	1.0687	1.0622
762	1.1077	1.1009	1.0957	1.0915	1.0854	1.0802	1.0737	1.0686	1.0622
763	1.1076	1.1009	1.0957	1.0915	1.0853	1.0802	1.0736	1.0686	1.0622
764	1.1075	1.1008	1.0956	1.0914	1.0853	1.0801	1.0736	1.0686	1.0621
765	1.1075	1.1008	1.0955	1.0914	1.0852	1.0801	1.0735	1.0685	1.0621
766	1.1074	1.1007	1.0955	1.0913	1.0852	1.0801	1.0735	1.0685	1.0620
767	1.1074	1.1006	1.0954	1.0913	1.0851	1.0800	1.0735	1.0684	1.0620
768	1.1073	1.1006	1.0954	1.0912	1.0851	1.0800	1.0734	1.0684	1.0620
769	1.1072	1.1005	1.0953	1.0911	1.0850	1.0799	1.0734	1.0683	1.0619
770	1.1072	1.1005	1.0953	1.0911	1.0850	1.0799	1.0733	1.0683	1.0619
771	1.1071	1.1004	1.0952	1.0910	1.0849	1.0798	1.0733	1.0683	1.0618
772	1.1070	1.1003	1.0951	1.0909	1.0848	1.0797	1.0732	1.0682	1.0618
773	1.1070	1.1003	1.0951	1.0909	1.0848	1.0797	1.0732	1.0682	1.0618
774	1.1069	1.1002	1.0950	1.0909	1.0848	1.0797	1.0732	1.0682	1.0618

¹¹ Atmospheric Temperature and Pressure Saturated with water (Temperatura y presión atmosférica saturada con agua)

¹² Body Temperature and Pressure Saturated with water (temperatura y presión corporal saturada con agua)

BIBLIOGRAFIA

Air Pollution Manual, American Industrial Hygiene Association,

Bloomfiel J.J., **Introducción a la Higiene Industrial**, Ed. Reverté. S.A.

Cadle, R.D., **Particle Size Determination**, Interscience, New York, 1959.

Controlling Fine Particles, **Chemical Engineering Deskbook Issue**,
June 18, 1973.

Control Techniques for Particulate Air Pollutants, National Air Pollution Central
Administration, Pub. No. AP-51, U.S., 1969.

Gaceta Ecológica, 1989. México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
Vol. I. Num. 1. pág. 2-31.

Gaceta Ecológica, 1990. México. Secretaría de Desarrollo Social. Vol. II.
Num. 12. pág 2, 10.

Gaceta Ecológica, 1991. México. Secretaría de Desarrollo Social. Vol. III.
Num. 18. pág. 3-17.

García Montserrat, J.L.: 1979. Las explosiones de polvo, así como sus normas
de prevención y seguridad en la industria. Tesis inédita para
licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

García Ortega, Rosa Lidia. 1974. Prevención y control de polvos industriales.
Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chemical Engineering, Environmental Engineering. Desbook Issue.
October 14, 1968.

Fourier, E., Information medicales. Paris Francia No. 10, Junio 1963.

Harvey, B.H. y Buchanan, W.D., Los polvos peligrosos pueden ser invisibles.
Annual Report of Factories on Industrial Health, Ministerios del
Trabajo, Agosto 1967, Londres Inglaterra.

Himmelblau David M., Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química.
Ed. CECSA, 1ª edición, México 1987, pág. 42-52.

Hunter, Donald, The Diseases of Occupation. The English University Press LTD,
5ª edición, Londres Inglaterra, 1969.

Knowlton J. Kaplan, Reprinted of Air Engineering All about Cyclone Colectors

Ley Federal del Trabajo. 1966. Séptima edición. Secretaría de Trabajo y
Previsión Social. pág. 14-15,

López Cillero, J. A. 1970. Normas de prevención y seguridad en las industrias
polvosas. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional
Autónoma de México.

Magil, P.L., Air Pollution Handbook, Ed. McGraw Hill, 1956

Montgomery Douglas C., Control Estadístico de la Calidad, Grupo Editorial Iberoamericana México. 1991.

Particle Size Analysis, Bolletín No. G402 R., Western Precipitation Co. California.

Perry Robert H., Chilton Cecil H., Manual del Ingeniero Químico, Ed. MacGraw Hill, 5ª edición, Vol. II, Sec. 20.

Predicting Efficiency of Fine Particles Collectors, Chemical Engineering, April, 16, 1973

Sarmiento López, E. A. 1974. Selección de equipo para eliminación de polvos. Tesis inédita para licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

(Sargent, G).. Dust Collection Equipment, Chemical Engineering, Jan 1969.

Vicent Massnet Graw, La lucha contra el polvo en la industria, Ed. Cedel, Barcelona 1969.