

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la Ciudad de Monterrey, N.L. en el Departamento de *corazones* de una empresa del ramo de la fundición, se desarrolló un análisis de las condiciones ambientales de trabajo por medio de muestreos de aire. Determinándose la concentración de partículas totales mediante el muestreo personal, la proporción de partículas suspendidas totales y sedimentables, para lo cual se utilizó un muestreador portátil de alto volumen, un muestreador *midget-impigner* así como un microscopio óptico y electrónico para la determinación del número, tamaño y forma de las partículas suspendidas totales.

Más del 75 % de las Partículas Totales encontradas en el ambiente fueron menores de 5 micras y son consideradas como Polvo Respirable, con lo cual de acuerdo a las concentraciones de Polvo Total encontradas, se observa que varias áreas del Departamento en estudio se encuentran por arriba del Número Máximo Permisible señalado en la Norma Oficial Mexicana 010-STPS, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el Viernes 8 de Julio de 1994. Norma 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.

Una vez conocidas las características del proceso de producción, de la materia prima utilizada y de las condiciones prevalecientes en el microambiente en estudio, se procedió a seleccionar y proponer las implantaciones necesarias, con las cuales se controlarán las condiciones ambientales, hasta los límites aceptables, para disminuir las emisiones de polvos a la atmósfera laboral, así como fuera de la empresa, es decir, dirigidas al macroambiente.

INTRODUCCIÓN

Los distintos procesos empleados en la Industria del hierro y del acero dan lugar, en distinto grado, a la contaminación del aire. El grado de contaminación de la industria siderúrgica depende de múltiples factores, tales como la modernidad de la instalación y su localización, las condiciones atmosféricas, técnicas y económicas de funcionamiento.

Como en otras partes del mundo la industria del acero se desarrolló en México a fines del siglo pasado y en Monterrey se inició en el año de 1900 con la construcción de Fundidora Monterrey S.A. ocupando durante muchos años el primer lugar en el país en la producción siderúrgica, fue la primer industria que instaló planta tratadora de aguas negras para uso industrial, en la lucha contra la contaminación ambiental. (5)

Entre los principales elementos contaminantes del aire figuran las partículas y los polvos de carbón y coque, los humos y gases, etc. derivándose de las siguientes operaciones: manipulación, molienda, cribado, mezcla y apilado del carbón y del coque; carga de los hornos; descarga del coque caliente y apagado del coque. Las materias primas son la causa directa de la contaminación, sobre todo en el proceso de almacenamiento y transporte, las cuales a su vez son manipuladas y transformadas para la elaboración de algún producto en particular. (Díaz López, 1987)

Al hablar de fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional es importante señalar que éstas son también responsables, en gran parte, de la contaminación del ambiente en general, lo que determinará en gran medida la exposición de la población externa. Así, los individuos que están expuestos ocupacionalmente, también pueden estarlo en el ambiente común. (12)

La mayoría de los contaminantes gaseosos como tales, es decir, los aceites, las resinas, los aldehídos, los hidrocarburos insaturados, los compuestos aromáticos producto de la pirólisis y destilación y en resumen, el vapor molesto, son emitidos en el horno de cocción del corazón.

El corazón es el interior del molde, necesario para dar forma al producto y básicamente está constituido de una mezcla de arena sílica y resina fenólica, previamente cocidos. (30)

Los edificios para fundiciones normalmente son construcciones de estructuras de acero comercial, con techos de lámina galvanizada, poseen varios niveles y algunas zonas del piso son de arcilla, por la naturaleza del trabajo.

Este panorama de las fundiciones presentado en forma tan somera, sirve para dar una visión orientadora de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores que laboran en esta rama industrial y que, cuando no son previstos, resultan agredidos en su salud y en su integridad corporal. (6)

La arena cuarzosa y la de río, que están constituidas por sílice, se usan ampliamente en las fundiciones, como constituyentes de la arena de moldeo y arena para corazones (machos), para "chorrear" las piezas fundidas. Son también la materia prima principal para producir cerámica, vidrio, porcelana, entre otros. (4)

Los polvos son constituyentes principales de los humos industriales, que podemos definir como una mezcla de gases y vapores con arrastre de materias sólidas y líquidas. (20)

Como "polvo", se ha definido a las partículas de materia sólida suficientemente finas que pueden sostenerse dispersas en el aire. En forma genérica, pueden subdividirse en polvos orgánicos e inorgánicos. (4)

Dentro de los polvos inorgánicos se acostumbra también incluir a los humos metálicos, al carbón y al grafito, no obstante que los dos últimos son de origen orgánico.

Dentro de los polvos inorgánicos, se encuentran los polvos y humos metálicos inertes, los cuales no producen síntomas específicos al ser inhalados y su exposición, aún siendo prolongada, no origina enfermedad grave que aumente la incapacidad. Los contaminantes más importantes; son el carbón y los polvos y humos de hierro; también se puede considerar a los polvos de silicatos, al cemento y a los compuestos de calcio y magnesio.

Otro tipo de polvos metálicos inertes son los polvos y humos metálicos que producen fibrosis pulmonar e incapacidad.

Se considera al sílice libre como la causa principal de padecimientos pulmonares originados por polvos y de un alto porcentaje de individuos incapacitados; por este motivo la distinción entre el sílice libre (SiO_2) y el combinado, es decir los silicatos que ostentan el radical (SiO_4), es de la mayor importancia, ya que se consideran como inertes, con excepción de los asbestos. La inhalación prolongada de polvos que contienen sílice libre ocasiona el desarrollo del padecimiento conocido como silicosis.

El mayor o menor riesgo para la salud ocasionado por polvos industriales, está íntimamente ligado con: su concentración en la atmósfera, su composición química, el diámetro de sus partículas y el tiempo de exposición de las personas. Existe mayor peligro para la salud cuando la concentración del polvo de la atmósfera sobrepasa la concentración máxima permisible, establecida para cada clase de polvo; debemos hacer hincapié en que puede existir en algunos polvos el riesgo de exposición a ellos, por lo que en estos casos se presenta doble peligro.

Es necesario el conocimiento de estos cuatro factores para tener una apreciación real de la magnitud del riesgo.

La eliminación de las fuentes de contaminación depende del diseño de la planta y del equipo o la alteración de ambos, tendiente a eliminar los posibles focos de producción de polvo.

La mejor manera de prevenir los riesgos aludidos será posible mediante la preparación higiénica industrial que los diseñadores o los fabricantes de maquinaria incorporen a sus equipos y sistemas básicos de control, ya que gran parte de la maquinaria actualmente carece de elementos que eviten la generación de polvos integrados a ella. También se debe incrementar el encerrado de procesos instalando casetas o hermetizando los recintos, cuando esto sea posible. (4)

HIPOTESIS

El manejo actual de la materia prima así como las condiciones del área de corazones, condiciona la presencia en el microambiente de niveles de polvo total suspendido, superiores a los Niveles Máximos Permitidos por la Norma Oficial Mexicana.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Analizar la calidad del aire del Departamento de *corazones* de una empresa del ramo metal-mecánica para establecer el grado de contaminación de ese microambiente a fin de implantar todas las medidas preventivas y/o correctivas, posibles procurando, en todos los casos, mejorar la situación higiénica de las personas implicadas.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1) Identificar los diversos materiales utilizados en el proceso de producción de corazones.**
- 2) Evaluar la calidad del aire en el ambiente donde se realiza el trabajo (microambiente).**
 - 2.1 Determinar la concentración de Partículas Suspendidas Totales en el ambiente laboral.**
 - 2.2 Realizar un análisis microscópico de las partículas presentes en el microambiente.**
- 3) Realizar un estudio médico de los trabajadores que hayan sido expuestos a la arena sílica.**
- 4) Establecer las estrategias para disminuir la contaminación del microambiente.**

MARCO TEÓRICO

Contaminación Atmosférica

Contaminación del aire.

La idea de que el aire pueda ser perjudicial para el hombre se remonta al menos a la Edad Media y al concepto de aires venenosos o "miasmas". La expresión italiana para aire malo es *malaria*, de la que se deriva la palabra "malaria" (paludismo), esto es, una enfermedad relacionada erróneamente en esa época con los olores de los pantanos, más bien que con gérmenes transportados por los mosquitos que ahí se crían. Pruebas más directas de los malos efectos del aire contaminado empezaron a acumularse después del primer empleo del carbón, alrededor de principios del siglo XIV. El humo negro, los olores desagradables, el ennegrecimiento de los edificios y de los monumentos; todo esto resultaba manifiestamente de la adición a la atmósfera de sustancias antinaturales e insalubres.

Las partículas no viables son aquellas que comprenden una gran cantidad de materiales, algunos de fuentes naturales y otros resultantes de actividades del hombre.

Los materiales naturales incluyen la arena, las partículas de hierro, las gotitas saladas que se aprecian cerca de la orilla del mar, el polvo volcánico e inclusive partículas de origen extraterrestre. Los contaminantes en partículas producidas por el hombre incluyen tanto materia orgánica como inorgánica; provienen en gran parte de las industrias productoras de mineral no metálico, de la manufactura química inorgánica y del plomo utilizado en la gasolina.

Existen tres maneras de exposición del hombre al aire contaminado. Estas son 1) Exposición personal, resultado de hábitos sociales tales como fumar; 2) La exposición bajo condiciones ocupacionales y 3) La exposición por grandes o pequeños segmentos de la población en general, no debida a la acción de ellos mismos: sino por el resultado de fuentes de contaminación ambiental naturales ó antropogénicas.

La exposición personal puede ser controlada únicamente por el individuo mismo, y la exposición ocupacional puede ser evitada mediante el control de la fuente de exposición o el movimiento de los individuos involucrados. (27)

Diversos Tipos de Contaminantes

GASES Y PARTÍCULAS.

Los contaminantes ambientales que se encuentran en la atmósfera bajo forma gaseosa o de partículas en suspensión, son los más difíciles de controlar.

Los "gases" verdaderos existen como tales a temperaturas y presiones normales, mientras que los "vapores" son la forma gaseosa de sustancias normalmente líquidas. Los gases forman mezclas íntimas con el aire ambiente, lo que imposibilita su separación. Por esta razón son tratados conjuntamente y con las mismas técnicas que la ventilación general.

Las "partículas" pueden ser sólidas o líquidas y se clasifican según su origen en polvos, humos y neblinas. Ellas no forman mezclas íntimas con el aire, sólo quedan en suspensión, y tienden a depositarse, de acuerdo con su tamaño.

Bajo el nombre de "polvos" se designan generalmente todos los desperdicios pulverulentos que se producen en las operaciones a que se somete la materia en la industria. Estos polvos pueden ser la consecuencia directa de tratamientos mecánicos, etc., o bien la consecuencia directa o indirecta de tratamientos físico-químicos, usados en la preparación y transformación de productos industriales, como la combustión, las explosiones, las reacciones químicas, etc. Los polvos son los constituyentes principales de los humos industriales, que podemos definir como: "una mezcla de gases y vapores, con arrastre de materias sólidas y líquidas".

Muchas veces, las diversas clases de polvos forman un conjunto de proporciones muy variables, de acuerdo con la naturaleza de las operaciones mecánicas que los originaron.

Estos polvos complejos no tienen influencia económica en los procesos industriales; pero, al penetrar en el organismo, pueden introducir elementos mórbidos, infecciosos o tóxicos.

Se han propuesto muchas clasificaciones para los polvos industriales, o mejor dicho, para las partículas en suspensión en el aire; ninguna de las clasificaciones es perfecta; pues no es posible establecer diferencias netas entre las diversas categorías. Generalmente se clasifican por su tamaño y propiedades físicas, por su naturaleza y por su modo de acción sobre el organismo.

Según su tamaño y propiedades físicas; el polvo grueso se deposita a una gran velocidad (100 micras a 18 cm. por minuto), mientras que el polvo fino precipita difícilmente (0.1 micra a 0.018 mm. por minuto). Sea cual fuere la velocidad del viento, las grandes partículas se depositan regularmente, mientras que las pequeñas quedarán indefinidamente en suspensión.

Además, por debajo de 1 micra, las propiedades físicas sufren cambios notables, así como la acción fisiológica. Cuando se respira una mezcla de grandes y pequeñas partículas, las grandes son expulsadas por un mecanismo fisiológico, mientras que las pequeñas penetran hasta las últimas ramificaciones pulmonares (20).

Se ha dado el nombre genérico de neumoconiosis a las enfermedades bronco-pulmonares producidas por la inhalación de polvos y humos de origen animal, vegetal o mineral.

Se ha definido como polvo a las partículas de materia sólida suficientemente finas, que pueden sostenerse dispersas en el aire. En forma genérica se pueden subdividir en polvo orgánico o inorgánico.

Dentro de los polvos inorgánicos se acostumbra incluir a los humos metálicos, al carbón y al grafito, no obstante que los dos últimos son de origen orgánico.

Los polvos orgánicos se dividen a su vez, en :

- Polvos y humos metálicos inertes.
- Polvos y humos metálicos que producen trastornos específicos

- Polvos y humos metálicos que producen trastornos inflamatorios
- Polvos y humos metálicos que producen fibrosis pulmonar
- Polvos y humos metálicos de acción indeterminada en los pulmones.

Los polvos y humos metálicos inertes no producen síntomas específicos al ser inhalados y su exposición, aún siendo prolongada, no origina incapacidad. Los más importantes son el carbón y los polvos y humos de fierro; también se pueden considerar entre éstos a los polvos de silicatos, a los de cemento y a los compuestos de calcio y magnesio.

En cuanto a los polvos y humos metálicos que producen fibrosis pulmonar e incapacidad, se considera el sílice libre como la causa principal de los padecimientos pulmonares originados por polvos y de un alto porcentaje de individuos incapacitados; por este motivo la distinción entre el sílice libre (SiO_2) y el combinado, es decir, los silicatos que ostentan el radical SiO_4 , es de la mayor importancia, ya que los silicatos, con excepción de los asbestos, son considerados como inertes. La inhalación prolongada de polvos que contienen sílice libre ocasiona el desarrollo del padecimiento conocido como silicosis.

Los riesgos potenciales para la salud ocasionados por polvos industriales están íntimamente ligados con la concentración de los mismos en la atmósfera, su composición química, el diámetro de sus partículas y el tiempo de exposición ante ellos. Existe peligro para la salud cuando la concentración del polvo de la atmósfera sobrepasa la concentración máxima permisible establecida para cada clase de polvo, aunado a la susceptibilidad del individuo. Debemos hacer hincapié en que la presencia de algunos polvos puede implicar el riesgo de explosión, lo cual puede representar doble peligro.

Es necesario el conocimiento de estos cuatro factores para tener una apreciación real de la magnitud del riesgo.

Según la composición química, es conveniente el conocimiento exacto de las materias primas y de las sustancias que pueden encontrarse en forma de polvos o humos.

Un buen diseño de la planta y del equipo o la corrección de los defectos detectados, pueden eliminar las fuentes de contaminación y los posibles focos de emisión de polvo.

La mejor manera de lograrlo será mediante el conocimiento en seguridad e higiene individual de los diseñadores o fabricantes de maquinaria para que incorporen a sus equipos sistemas básicos de control, ya que gran parte de la maquinaria actualmente carece de elementos que eviten la generación de polvos. También pueden aumentar el encerrado de procesos por medio de la instalación de casetas o el hermetizado, cuando éste sea posible (17).

El polvo: sus propiedades, su origen y su clasificación

Las propiedades físicas de una sustancia suspendida en el aire en partículas finas, y las que posee la misma sustancia cuando forma masas compactas son muy distintas. La diferencia se debe a que las partículas presentan una superficie de contacto con el aire mucho mayor, lo cual aumenta enormemente el número de moléculas activadas tanto física como químicamente.

Como resultado del beneficio de minerales, se produce una inmensa cantidad de polvo al triturar, moler, barrenar, cribar, cambiar material de una correa transportadora a otra, transportar y también al maquinar, tanto al rectificar como al terminar o pulir, al cardar lino o algodón, al desmoldear en las fundiciones, etc.

La arena cuarzosa y la de río, que están constituidas por sílice, se usan ampliamente en las fundiciones como constituyentes de la arena de moldeo y arena para machos, para chorrear las piezas fundidas, etc. También esta arena es la materia prima principal para producir cerámica, vidrio, porcelana, etc.

El polvo industrial suele ser una mezcla de partículas de sustancias diferentes, una de las cuales es la predominante.

Las diferentes clases de polvo se distinguen también por sus propiedades físicas; a saber: tamaño de partícula, densidad, forma, consistencia, carga eléctrica, capacidad de adsorción, inflamabilidad, explosividad...

En condiciones industriales, las partículas de una nube de polvo pueden cubrir una amplia gama de tamaños, que va desde fracciones de una micra

hasta 100 micras o más. La distribución por tamaños se determina por su origen, el tipo de maquinado, el nivel de exposición, etc.

Son posibles tres formas básicas de partícula: laminar, fibrosa y granular. Los polvos industriales generalmente constan de partículas de las tres formas, si bien con un gran número de formas intermedias.

El tamaño de las partículas es de especial importancia, así como su forma, su densidad y su carga eléctrica; es decir, aquellas propiedades que determinan el comportamiento de las partículas de polvo en el interior de los edificios. Estas propiedades son importantes, tanto desde el punto de vista tecnológico, como del higiénico. Desde el punto de vista tecnológico, afectan al procedimiento para recogerlos en su fuente y a la forma de eliminarlos del aire. Las partículas grandes se asientan con rapidez. Las partículas grandes y pesadas, del tamaño de varias docenas de micras, no penetran en el aparato respiratorio del hombre. El polvo ligero, fibroso, acicular y también el que se forma por condensación en partículas blandas y floculentas, queda suspendido en el aire por largos períodos de tiempo, asentándose lentamente.

Se considera que el tamaño de las partículas de polvo que pueden entrar en los pulmones es inferior a $5\mu\text{m}$ en la mayor parte de los casos, siendo el tamaño máximo de $10\mu\text{m}$. Las partículas mayores se asientan sobre las membranas mucosas de los conductos respiratorios superiores (nariz y garganta). Las partículas de tamaño inferior a $5\mu\text{m}$ son las más peligrosas, por sus efectos en los tejidos pulmonares.

En el aire de los locales industriales predominan las partículas inferiores a $10\mu\text{m}$. Son inferiores a $2\mu\text{m}$ las que forman entre el 40 y el 90%. El porcentaje de partículas inferiores a $2\mu\text{m}$ es mayor en los minerales inorgánicos y los polvos metálicos que en los polvos orgánicos vegetales o animales.

Las partículas cuyo tamaño es inferior a $0.1\mu\text{m}$, presentan un movimiento browniano. Estas partículas, o se asientan muy lentamente siguiendo una trayectoria zigzagueante (partículas de $0.1-0.05\mu\text{m}$ de radio), o no se asientan en absoluto; tomando parte en los movimientos moleculares del aire-radio de las partículas de $0.001\mu\text{m}$ o menor (en cuyo caso se difunden en todas direcciones). La distribución de los tamaños de las

partículas en una nube de polvo no permanece constante. Son varios los factores que pueden ocasionar la coagulación de las partículas, y por lo tanto, provocar su asentamiento. La velocidad de coagulación depende de la homogeneidad del tamaño, de la forma de las partículas y de su carga eléctrica. Si los demás factores se mantienen invariables, la coagulación es más rápida cuando aumenta el tamaño de la partícula. En los sistemas polidispersos la coagulación es más rápida que en los sistemas homogéneos; porque las partículas mayores actúan como núcleos de coalescencia para las partículas más finas. El polvo de los sistemas muy dispersos contiene partículas cargadas de electricidad; algunas con carga positiva y otras, de la misma substancia, con carga negativa. Las partículas cargadas con el mismo signo se repelen mutuamente; aunque la inducción transforma a menudo la repulsión en atracción. Las partículas con cargas eléctricas de signo contrario se coagulan con mayor rapidez.

Cada motita de polvo está rodeada por una capa de aire adsorbido, cuya presión parcial es máxima en la superficie de la partícula y disminuye rápidamente con la distancia, hasta ser igual a la presión atmosférica. Esta es la razón por la que los polvos finos no se aglutinan después de largos períodos de almacenaje, sino que fluyen como si fueran líquidos.

El volumen de aire adsorbido puede superar varias veces al volumen del polvo en el cual se adsorbe. Por ejemplo, un litro de humo negro puede adsorber 950 cm³ de aire, el cual a presión y temperatura normales, ocuparán 2.5 Lts para sólo 50 cm³ humo negro. Esto significa que alrededor de las partículas de humo negro, el aire está más comprimido. Las partículas cubiertas de aire tienen poca tendencia a coagularse.

El aire de las fundiciones, según Baturín V. (1976), contiene la siguiente distribución, por tamaños de partícula, (en porcentajes):

Tamaño de partícula	% presente
0 - 0.49	-
0.5 - 0.99	26
1 - 1.49	48
1.5 - 1.99	17
2 - 2.49	8
2.5 - 2.99	1

Tamaño medio de partícula (μ) = 1.2.

Por otra parte, en cuanto a los riesgos de explosión, el polvo que se produce en los distintos procesos industriales se clasifica en tres clases:

La clase I incluye los polvos muy inflamables. Cualquier fuente de calor, por ejemplo la que se genera al encender una cerilla, es suficiente para inflamarlos. En esta clase están incluidos los polvos de azúcar, de dextrina, de corcho, de almidón, de cacao, y de harina de arroz.

La clase siguiente incluye los polvos que sólo se inflaman en presencia de una fuente de calor poderosa (arco eléctrico, mechero de Bunsen) como el polvo de cuero, el de serrín, el de tortón de semillas oleaginosas, el del salvado, el de la seda, etc.

La tercera clase de polvo no explota en las condiciones de la industria, debido a que presenta un mayor tamaño de partículas y a que contiene un elevado porcentaje de materias no explosivas. En esta clase se incluye al tabaco, al carbón metalúrgico, al carbón vegetal, al hollín de fundición, al coque, al grafito, etc. (4)

Control de la Contaminación en el Ambiente de Trabajo

Higiene Ambiental

Generalidades. La higiene ambiental ocupa un lugar importantísimo en el trabajo, porque la aplicación de sus reglas y preceptos obra de una manera bienhechora y eficaz en la salud de los trabajadores. Es un factor de consideración en la industria, por cuanto acrecienta el rendimiento de la mano de obra. Además, la importancia de la aplicación de los principios higiénicos queda evidente, porque al eliminar las causas de la fatiga, contribuye a aumentar el vigor físico del obrero, que mejora su rendimiento en beneficio de la colectividad, del trabajo mismo y de la empresa.

En cuanto a los factores que influyen directamente sobre la salud de los obreros en los medios de trabajo, hay que hacer una distinción importante:

todas las industrias tienen características comunes respecto a determinados agentes, tales como: la ventilación, la iluminación, la humedad, etc.; pero hay algunas que, bien por la índole especial del trabajo o por las materias primas que en ella se manipulan, deben estudiarse aparte, por considerarlas como causas directas de enfermedades e intoxicaciones profesionales.

Ningún ser viviente podrá escapar a la influencia del medio, nos dice muy sabiamente Jelambi. (20)

Condiciones de trabajo: importancia de Higiene en el Trabajo. Hay multitud de exigencias, medidas y medios que coadyuvan a impedir accidentes en el trabajo; pero el medio más eficaz consiste en crear condiciones de trabajo tales que imposibiliten toda clase de peligros de accidentes.

Siempre debe tenerse en cuenta que es mucho mejor y más eficaz crear seguridad que exigir cuidado.

Por otra parte, también es menester educar a los trabajadores en el logro de una conciencia de la seguridad, esto es, deben asimilar los conocimientos necesarios para la prevención de accidentes de trabajo, aprovechar las posibilidades técnicas, cuidar y atender debidamente los medios de seguridad en el trabajo, para prevenir los accidentes; de tal manera que su funcionamiento sea infalible. La prevención de accidentes de trabajo no tiene solamente una gran importancia humana, sino que contribuye también a evitar ausencias de la mano de obra.

Los recintos de trabajo poco espaciosos, especialmente aquellos en los que la movilidad sea restringida, las malas condiciones de visibilidad, debidas por ejemplo a una iluminación deficiente o a la formación excesiva de polvo, el aire enrarecido, por ejemplo, por sustancias químicas de efecto aturdiror en el aire ambiental, mucho ruido, que puede originar el que las señales de precaución pasen inadvertidas, contribuyen a reducir la seguridad en la prevención de los accidentes de trabajo.

Las buenas condiciones higiénicas evitan no solamente los accidentes, sino también otros deterioros de salud que podrían presentarse como

enfermedades pasajeras, por ejemplo el resfriado, o enfermedades permanentes e incurables (enfermedades profesionales), por ejemplo, la silicosis, la sordera debida al exceso de ruido, la intoxicación saturnina, etc.

Finalmente, las buenas condiciones higiénicas en el puesto de trabajo coadyuvan a aumentar el rendimiento de la mano de obra. (5)

Riesgos de trabajo en las Empresas. En los diversos grupos que integran la población, los trabajadores tienen una particular importancia; representan la fuerza productiva y por lo tanto, son la riqueza del país, base del desarrollo sostenible, que permitirá mejorar el bienestar, así como la calidad y el estilo de vida de la población en general. La salud en el trabajo, en su concepto más amplio, está relacionada con la compleja interacción de fenómenos que son capaces de alterar la salud de los trabajadores. La atención por esta materia se ha generalizado de manera creciente en los sectores involucrados con el proceso productivo, por tener una estrecha relación con la productividad y el desarrollo socioeconómico de los países.

Con el propósito primordial de llevar a la práctica acciones preventivas de los riesgos en grupos prioritarios de trabajadores, se han desarrollado con gran interés en los últimos 10 años, métodos de evaluación integral, que según el consenso de expertos internacionales, están constituidos por las cuatro fases siguientes:

1. Identificación del riesgo.
2. Estimación de la exposición.
3. Evaluación de la dosis-respuesta.
4. Caracterización del riesgo.

La primera fase, relacionada con la identificación del riesgo, ha sido descrita como el proceso ordenado y sistematizado que permite determinar si la exposición a un agente produce un efecto adverso a la salud.

La respuesta requiere de un gran número de procedimientos que son organizados en las 3 actividades básicas que caracterizan el concepto moderno para el ejercicio profesional de la salud en el trabajo. (16)

1. La vigilancia del ambiente de trabajo.
2. La vigilancia de la salud de los trabajadores.
3. El establecimiento de un programa preventivo.

Toxicidad. La toxicidad es una propiedad inherente a todas las sustancias químicas. Aún las sustancias químicas comunes; como el agua, la sal de mesa, el azúcar, el nitrógeno o el oxígeno pueden ser tóxicas o capaces de producir un efecto adverso, como respuesta a una dosis determinada.

El **peligro** es la probabilidad de que ocurra un daño bajo las condiciones de uso.

Todas las sustancias químicas pueden ser peligrosas si se usan de manera incorrecta. Del mismo modo, la mayoría de las sustancias químicas pueden usarse con un mínimo de peligro, es decir, con una mínima probabilidad de daño, si se usan bajo las condiciones adecuadas. (18)

Frecuentemente se lanzan al mercado sustancias químicas con nombres imaginativos. En tales casos es absolutamente necesario comprobar la composición de la sustancia química de que se trate, ya sea pidiendo informes al productor o mediante un análisis. De acuerdo a las propiedades de la sustancia en cuestión, se establecerán las medidas de seguridad requeridas y se instruirá detenidamente al personal que tiene que trabajar con ella. (5)

Principios prácticos de los Servicios de Salud Ocupacional.

Las tres partes esenciales de cualquier programa de los Servicios de Salud son primero, la vigilancia del medio ambiente de trabajo; segundo, la vigilancia de la salud de los trabajadores y tercero, la institución de actividades para la prevención y medidas de control (Fig No. 1), las cuales usualmente son realizadas por el área administrativa de las compañías, comités de seguridad, oficiales de seguridad y representantes de los trabajadores.

Las organizaciones internacionales y las comunidades de expertos en los Servicios de Salud enfatizan que las actividades preventivas dirigidas hacia la eliminación, minimización y control de los peligros a la salud y seguridad en el trabajo y en los ambientes de trabajo nunca deberán ser comprometidos por las actividades curativas. Por lo tanto, el componente preventivo siempre será la parte más esencial de los Servicios de Salud mientras que el servicio puede ser complementado con los servicios curativos.

Vigilancia del medio ambiente de trabajo. La vigilancia del medio ambiente de trabajo se hace para la identificación y estimación de los peligros para la salud y la seguridad en los lugares de trabajo. Esto requiere de la identificación y si es posible, de la cuantificación de los factores que en el trabajo, pueden ser peligrosos para la salud.

La vigilancia puede incluir varios pasos.

- 1) Una orientación preliminar hacia los compromisos contraídos.
- 2) Un estudio amplio de todas las instalaciones de trabajo en las empresas.
- 3) El examen específico de los peligros especiales identificados que pueden ser de importancia para la salud de los trabajadores.

Orientación preliminar.

En esta etapa, se obtiene la información preliminar de la empresa y del lugar de trabajo, incluyendo el tamaño de la compañía, el número de trabajadores, los métodos de producción principal, los peligros típicos descritos en la literatura, para este tipo de industria, los datos procedentes de estudios anteriores, los cambios en los sistemas de producción, etc. La salida o resultado de la fase de orientación será una estimación gruesa de las condiciones de trabajo en la empresa, los problemas prioritarios, las necesidades de mediciones posteriores y el análisis de acciones llevadas a cabo en el pasado en cuanto a medidas preventivas y de control. Como resultado de tal orientación se puede concluir que no es necesario más vigilancia o se reconocerán las nuevas necesidades de hacer análisis posteriores del medio ambiente de trabajo.

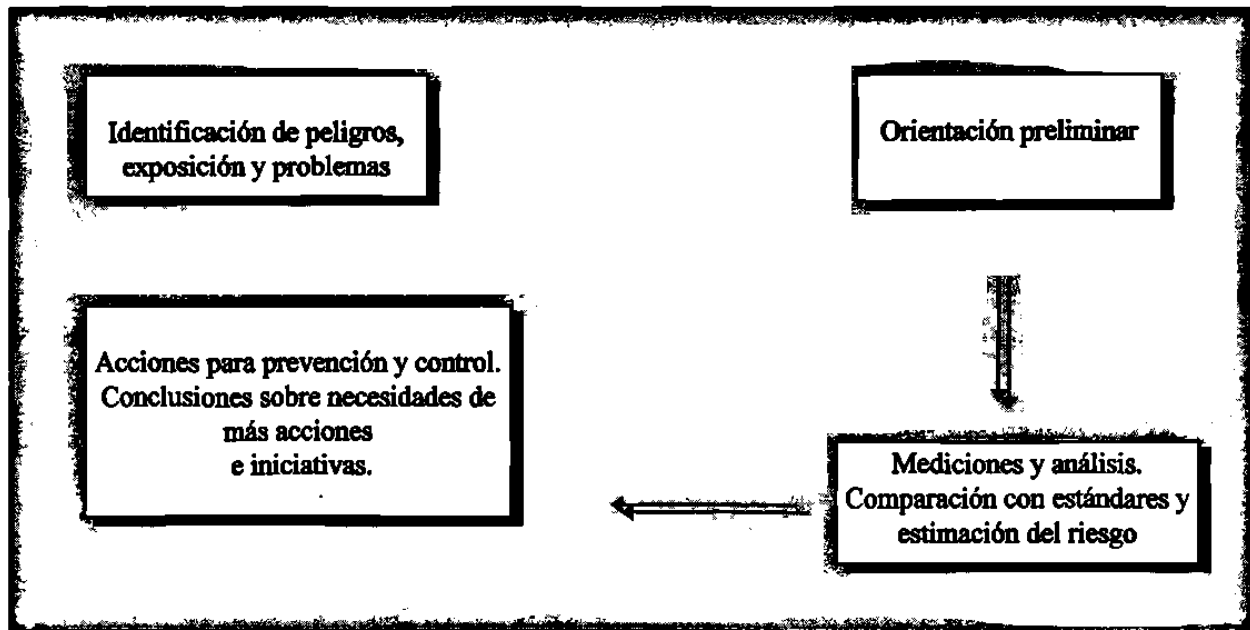


Fig. No.1 Pasos en las actividades de vigilancia del medio ambiente de trabajo.

Mediciones y análisis. A menudo los instrumentos sofisticados y otros recursos no están disponibles para la vigilancia, particularmente en los países en desarrollo. En tales situaciones, es aconsejable llevar a cabo análisis de reconocimiento.

Estos métodos emplean a los expertos en Higiene y Seguridad Ocupacional o preferentemente a un equipo multidisciplinario quienes son capaces de hacer una estimación rápida del ambiente de trabajo, mediante la observación visual, a través de las conversaciones con el personal de la Compañía, usando instrumentos de lectura directa; e.g. para ruido y para ciertos peligros químicos o usando los formatos de cuestionarios estandarizados o métodos de interrogatorios.

Donde sea posible y apropiado, pueden ser llevados a cabo otros análisis físicos, químicos, fisiológicos y ergonómicos, usando el muestreo de sustancias en los sitios de trabajo y analizándolas en un laboratorio, mediante grabaciones; por ejemplo, datos de ruido y vibraciones para su posterior análisis; por videotape los movimientos y posturas en el trabajo para un análisis ergonómico detallado, y mediante el monitoreo biológico de las sustancias en muestras biológicas (orina, sangre, uñas, pelo, aire exhalado, etc.) de los trabajadores.

Los datos obtenidos a través de la vigilancia son estimados para su representatividad y confiabilidad y son comparados con estándares u otros valores de referencia.

Los niveles y condiciones que exceden la mitad de un valor estándar, a menudo son usados como un nivel de acción para medidas preventivas y de control. (18)

Ventilación Industrial

Es el proceso por el cual se introduce o se extrae aire de un local, por medios naturales o artificiales.

Desde el punto de vista de la higiene industrial, la ventilación tiene como objetivos fundamentales; la renovación del aire y la eliminación de los contaminantes atmosféricos, con el fin de lograr un ambiente sano y confortable en los lugares de trabajo. (20)

Para obtener una buena ventilación y sobre todo para decidir los sitios donde conviene colocar aspiradores, es necesario tener una idea general de la naturaleza de las corrientes de aire que se originan en los focos de polución.

La Fig. No. 2 muestra una corriente ascendente de aire originada por un cuerpo caliente cualquiera (un molde lleno de metal fundido, un baño industrial de agua o una solución acuosa caliente, etc.) este tipo de corrientes, además de calor, pueden arrastrar gases, vapores o polvos nocivos.

En el esquema *f* se muestra la corriente de aire polvoriento que se origina cuando se vierte material en polvo. Cuando se vierte un material, se libera el aire que éste lleva atrapado; pero arrastra consigo gran cantidad de partículas diminutas. Además, el aire así liberado aumenta la presión. Este fenómeno ocurre cuando se transfiere material de una banda transportadora a otra, cuando se carga una tolva, etc.

Las condiciones en que debe mantenerse el aire en la zona de trabajo (espacio comprendido entre el nivel del suelo y el nivel de respiración, el cual oscila entre 1.5 y 2 m), se determinan por consideraciones de higiene.

Las impurezas que alteran el estado y composición del aire se propagan en forma de chorros en la mayoría de los casos. La acción recíproca entre los chorros de aire y su circulación en el edificio determina la distribución de las temperaturas, las concentraciones de gases y sus velocidades. (4)

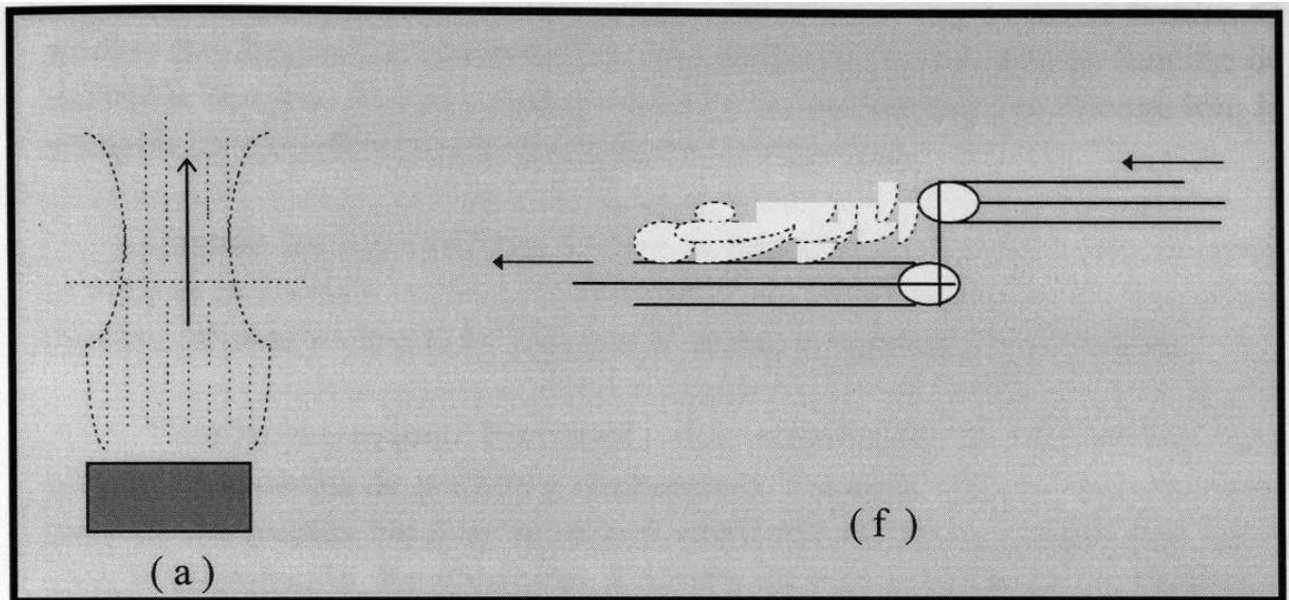


Fig. No. 2 Esquemas que muestran las corrientes de aire originadas en diversos procesos de la industria de la fundición.

La ocupación de los locales, las operaciones de fabricación y los agentes calóricos son los principales factores de polución del ambiente, ya que la respiración humana exige, de 0.5 a 2m³ de aire puro por hora, con una proporción aproximada de 21 por ciento de oxígeno y no más de 0.1 por ciento de anhídrido carbónico.

Los productos de fabricación contribuyen a viciar el aire, con sus humos, sus productos de combustión, sus vapores tóxicos o sus nieblas. Se debe tomar también muy en cuenta el calor irradiado por los hornos, los conductos, los motores, el alumbrado, etc.

La función de la respiración requiere prácticamente un suministro de 20 a 30 m³ de aire fresco por hora y por persona. Además, para evitar la rápida polución, el volumen de los locales de trabajo no debería ser nunca menor de 10m³ por persona.

El ritmo de la renovación del aire es función de la cantidad de ocupantes, de las fuentes de polución y del tamaño de los locales, y puede variar de 2 a 3 veces el volumen de los locales, por hora, en caso de ventilación natural y hasta 10, 20 o más, en el caso de ventilación artificial.

a) *Ventilación natural*, es la manera de renovar el aire sin el auxilio de medios mecánicos. La intensidad de renovación natural de aire es función de múltiples factores: la naturaleza y forma de la construcción, la orientación, la situación de los edificios y la posición de las aberturas.

Cuando los movimientos de aire se hacen de una pared a otra opuesta, se obtiene la llamada ventilación horizontal; si, por el contrario, la evacuación del aire caliente y viciado se hace por el techo, la ventilación es vertical.

Ventilación natural horizontal: esta ventilación es muy activa para grandes diferencias de presión y temperatura. Presenta varios inconvenientes, pues en los locales bajos se producen corrientes de aire y cuando hay focos locales de polución, las corrientes difunden en todo el local de los elementos contaminantes.

Ventilación natural vertical: este tipo de ventilación es siempre preferible, pues se puede utilizar al máximo la fuerza ascensorial del aire y los gases calientes y facilita su evacuación normal por la parte alta de los edificios.

Por estos métodos podemos realizar la ventilación general de los locales de trabajo, que conviene cuando se trata únicamente de obtener la renovación del aire; pero cuando algunas labores originan humos o polvos, sería antihigiénico dispersarlos por todo el ambiente. En este caso tendremos que practicar una ventilación local, en el sitio mismo de la producción de los contaminantes.

b) *Ventilación artificial*. Cuando la ventilación natural es insuficiente para asegurar continuamente las condiciones óptimas de higiene requeridas por los trabajadores, se hace necesario el uso de la ventilación artificial obtenida por medios mecánicos.

La ventilación combinada comprende el uso simultáneo de los métodos anteriores.

De todas formas, el movimiento del aire en lugares cerrados de trabajo será acondicionado de tal forma, que los trabajadores no estén expuestos a corrientes de aire molestas; por lo que la velocidad del aire no debe exceder de 35 m/min para aberturas hasta de 2.50 m sobre el nivel del piso y de 75 m/min para aberturas entre 2.50 y 4.00 m sobre el nivel del piso.

Por otra parte, la ventilación local se aplica cuando se trata de captar el contaminante en el punto de origen, antes de que se extienda en el ambiente. El contaminante así captado es conducido por tuberías y dispuesto convenientemente.

Todos los sistemas de captación comprenden: dispositivos de captación con campanas, aspiradores, etc.; ventilador; canalizaciones de transporte y; medios de evacuación o almacenamiento.

Para realizar la captación debemos tomar en cuenta la forma y el tamaño de las campanas, no estorbar el trabajo y evitar la acumulación de polvo. (20)

Higiene y Seguridad Ocupacionales

La Higiene y Seguridad Ocupacionales tratan, fundamentalmente, de la conservación de la salud y de la prevención de accidentes y enfermedades de los trabajadores, puede definirse como: “la ciencia que estudia las relaciones de las operaciones industriales con los obreros y la influencia de estas operaciones sobre el medio ambiente”.

Como toda ciencia, la Higiene y la Seguridad Ocupacional, que no es otra cosa que la prevención de riesgos profesionales, está basada en tres principios fundamentales, que constituyen los soportes de los conocimientos y de las técnicas modernas destinadas a eliminar los riesgos:

- 1. Interés y participación activa de los trabajadores y de los patronos.*
- 2. Conocimiento de las causas de los accidentes y de las enfermedades profesionales.*
- 3. Medidas correctivas adecuadas, para eliminar los riesgos.*

La prevención de accidentes y la protección de la salud de los trabajadores plantean problemas que, de manera general, pueden dividirse en tres grupos principales: de carácter técnico, médico y psicológico. Los medios empleados en el mundo entero para resolverlos pueden clasificarse como sigue:

a) La legislación, que establece reglas de carácter obligatorio relativas al medio ambiente en el trabajo, los planos, la construcción, la conservación, la inspección, la comprobación y el funcionamiento de las instalaciones industriales; las obligaciones de los empleadores y de los trabajadores, la formación profesional, la inspección médica, los primeros auxilios, los exámenes médicos, etc.

b) La normalización, que sienta reglas de tipo oficial, semioficial o facultativo para la construcción de ciertas instalaciones industriales en condiciones satisfactorias de seguridad, e higiene en el trabajo, para la protección personal, etc.

c) La inspección, que permite asegurarse del cumplimiento de las disposiciones oficiales.

d) La investigación técnica, que analiza las propiedades de sustancias peligrosas, estudia los dispositivos de protección para las máquinas, los aparatos de protección de las vías respiratorias, los medios de evitar desprendimientos en las bóvedas de las minas y las explosiones debidas al polvo y al gas grisú; selecciona los materiales más convenientes y concibe los medios más apropiados para la seguridad de los cables y de otros aparatos de izar, etc.

e) La investigación médica, para el estudio de las causas, síntomas y tratamiento de las enfermedades que el trabajo origina y las condiciones, materiales que favorecen los accidentes o las enfermedades, etc.

f) La investigación psicológica, que estudia las condiciones psíquicas que pueden dar origen a enfermedades o accidentes, etc.

g) Las estadísticas, que sirven para clasificar los accidentes de trabajo y las enfermedades según su tipo, calcular su índice de frecuencia y de gravedad, disponer por categorías a los trabajadores afectados, los trabajos en que ocurren, las causas, etc.

h) La educación, para la enseñanza de los principios de seguridad e higiene en Escuelas de Ingeniería, Facultades de Medicina, Escuelas profesionales y cursos de aprendizaje, etc.

i) La información profesional, para que los trabajadores, y especialmente los de nuevo ingreso, conozcan los métodos de trabajo compatibles con la seguridad e higiene.

j) La persuasión, para llevar al ánimo de todos la idea de seguridad e higiene por una eficaz propaganda.

k) El seguro, aliciente de carácter económico para la prevención de accidentes y enfermedades. (20)

Todos los accidentes reducen la eficiencia y la efectividad; estos son algunos síntomas que indican que algo anda mal. Porque los accidentes se derivan de la falta de control sobre el obrero, los materiales, los procesos y el

ambiente; además, la falta de control reducirá la eficiencia y efectividad de la producción. (19)

Antecedentes del estudio de las enfermedades profesionales

El tema de la seguridad industrial permite observar muchas referencias a los riesgos implícitos en los intentos del hombre para lograr su subsistencia.

Cuatro siglos antes de Cristo, ya Hipócrates mencionó enfermedades pulmonares de algunos obreros, mineros y metalúrgicos.

Plinio el joven, que vivió poco antes del advenimiento de la era cristiana, describió las enfermedades pulmonares entre los mineros y los envenenamientos producidos por el manejo de compuestos de azufre y de zinc.

Galeno, en el segundo siglo de la era actual, cita en varias ocasiones enfermedades ocupacionales entre los trabajadores de las Islas del Mediterráneo; pero con todo esto, no se encuentra un relato destacado de las mismas hasta la obra clásica de Ramazzini: "De Morbuis Artificum Diatriba", publicada, en Italia, en 1700, y en la que se describen cerca de 100 ocupaciones diferentes y los riesgos específicos de cada una, basando muchas de las descripciones en observaciones clínicas propias.

En las postrimerías del siglo XVIII, se desarrolló en Inglaterra el sistema de fábricas y aun cuando, en general, los trabajadores estaban bien pagados, se descuidó su bienestar físico. Se trabajaba muchas horas con máquinas sin protección, con iluminación y ventilación inadecuadas; en tales condiciones los índices de accidentes eran elevados y numerosas las enfermedades industriales.

En la industria, la evolución de la Higiene Industrial comenzó con el tratamiento de las lesiones traumáticas y en forma gradual, la labor del

departamento médico se extendió más allá del tratamiento quirúrgico, hacia los aspectos médicos y de ingeniería para el control del problema. (19)

En realidad, fueron los artesanos europeos, agrupados en corporaciones desde el siglo XIV, quienes dieron los primeros pasos en materia de prevención, pues se habían organizado para proteger y regular sus profesiones; llegando a constituir verdaderos monopolios.

La mecanización, iniciada a fines del siglo XVIII, cambia definitivamente el rumbo de la vida industrial y hace resaltar nuevos aspectos hasta entonces desconocidos. En los primeros años de la industrialización los obreros tuvieron que soportar individualmente las consecuencias de los accidentes y de las enfermedades profesionales. (20)

Gases tóxicos, vapores, desechos y humos productores de enfermedades ocupacionales

Las enfermedades ocupacionales producidas por inhalación poseen una patología específica, cada una causada por un contaminante específico del aire. Con frecuencia, la enfermedad es identificada por el agente intoxicante, como el envenenamiento por monóxido de carbono, el envenenamiento por benzol y la silicosis, por partículas de sílica.

En términos del número de casos de enfermedades reportadas por año, el problema aparentemente es pequeño, comparado con muertes y accidentes de trabajo; sin embargo, cuando el número de casos está relacionado con el grado de riesgo de un contaminante específico, el problema debe tratarse como exposición del trabajador al contaminante en cuestión.

Las enfermedades ocupacionales caen dentro de dos patrones: tiempo y concentración.

Existen aquellas cuyos efectos trascienden con concentraciones relativamente altas, en períodos de tiempo cortos. El segundo tipo lo constituyen aquellos cuyos efectos son acumulativos con un cierto tipo de síntomas de relativamente baja concentración; en semanas, meses o años de exposición. (8)

Industria de la fundición

En general, existen contaminantes gaseosos, como: aceites, resinas y otros materiales orgánicos usados en el proceso en forma de aldehídos ($R-CH=O$), hidrocarburos insaturados y otros compuestos aromáticos de la pirólisis o destilación y, en resumen, vapor molesto. La mayoría de estos tipos de compuestos son emitidos en el horno en la cocción del corazón. Otras fuentes provienen de los hornos de vaporización de aceites usados de pedazos de metal, principalmente para las operaciones del derretido del metal, los hornos de cocción y pintura, el desmolde y otros procedimientos similares.

Debido a la variedad de formas de los contaminantes, cuyas características dependen de las operaciones y procesos particulares, es conveniente considerar cada paso del proceso y su respectivo contaminante, por separado.

Departamento de fundición. El metal es el primero enviado al departamento de fundición, donde sufre una especie de calentamiento y fundido. Existen varios métodos más comunes usados en el calentamiento, incluyendo 1) cubilotes, 2) hornos de arco voltaico, y 3) hornos de inducción eléctrica.

Departamento de corazones. El corazón es el interior del molde, necesario para dar forma al producto. Son piezas constituidas por arena sílica tratada con diversas resinas y catalizadores, de forma variable y su utilización principal es para darle alma a las piezas elaboradas principalmente de línea industrial. (2)

Los corazones son similares en composición química a los moldes, pero generalmente contienen menos humedad y, por lo tanto, los colectores de bolsas pueden ser usados para la colección de partículas.

Generalmente se usan aglutinantes para formar los corazones, los cuales pueden descomponerse resultando una emisión de compuestos orgánicos, fenoles, aldehídos, hidrocarburos insaturados y otros compuestos

orgánicos muchos que son aromáticos. Las plantas pueden únicamente diluir estos olores, o pueden emplear procedimientos de depuración para su remoción. El reprocesado de los corazones es similar al de los moldes. (30)

Contaminación en la industria de fundición.

Los distintos procesos empleados en la Industria del hierro y del acero, dan lugar, en distinto grado, a la contaminación del aire.

El grado de contaminación de la industria siderúrgica depende de múltiples factores, tales como la modernidad de la instalación y su localización, las condiciones atmosféricas, técnicas y económicas de funcionamiento, etc.

Entre los principales elementos contaminantes del aire figuran las partículas y los polvos de carbón y coque, los humos y los gases, etc.

Las fuentes más importantes de emisión son las operaciones siguientes: manipulación, molienda, cribado, mezcla y apilado del carbón y del coque; carga de los hornos; descarga del coque caliente, y apagado del coque.

Las materias primas son la causa directa de la contaminación, sobre todo en el proceso de almacenamiento y transporte, las cuales a su vez son manipuladas y transformadas para la elaboración de algún producto en particular.

Lora (1978), sugiere la siguiente clasificación para los métodos de control aplicables a todo tipo de emisiones:

1. Disminución o eliminación

2. Confinamiento

- a) encerrar la fuente
- b) captura de las emisiones en un sistema de escape

c) prevenir las corrientes de aire

3. Separación del contaminante del efluente gaseoso

Mientras que aquellos que son aplicables específicamente a emisión de partículas, se clasifican en:

1. Disminución o eliminación de la producción de las mismas

a) Cambio en el proceso para que no requiera: barrenar, mezclar, pulir, calcinar, desmenuzar, triturar, secar, pulverizar, moler, abrillantar, enarenar, aserrar, rociar, etc.

b) Cambio de material (de sólido a líquido o gaseoso).

c) Cambio de material sólido seco a húmedo.

d) Cambio en el tamaño de partículas del material sólido.

e) Cambio en el proceso para que éste no requiera de material particulado.

2. Separar al contaminante del gas efluente.

a) Separación por gravedad

b) Separación por fuerza centrífuga

c) Separación mediante filtros

d) Separación por precipitación electrostática

Los polvos emitidos durante el proceso de producción de arrabio (hierro bruto de primera fusión) están constituidos en términos generales por partículas diminutas, las cuales varían en tamaño, de muy burdas (mayores de 100 μm) a tallas menores de 10 μm . Las partículas se producen entre otros, en los siguientes puntos o fuentes primarias: carga del mineral en las tolvas o silos, cribado o almacenamiento en los dosificadores y preparación de los lechos de fusión; transporte y almacenamiento del coque en tolvas dosificadoras; carga de las materias primas en el carro; vertido de los cubos en el horno. (24)

Los edificios para fundiciones normalmente son construcciones de estructuras de acero comercial, con techos de lámina galvanizada, poseen varios niveles y algunas zonas del piso son de arcilla por la naturaleza del trabajo.

Este panorama de las fundiciones presentado en forma tan somera, sirve para dar una visión orientadora de los riesgos a los que están expuestos los

trabajadores que laboran en esta rama industrial y que, cuando no son previstos, agreden su salud e integridad corporal. (29)

Silicosis

Silicosis, podredumbre de molinero, consunción de minero, tisis de minero, asma de alfarero, tisis de tallador de piedra. La silicosis es una neumoconiosis causada por la inhalación de bióxido de sílice, finamente dividido en estado libre, que puede ser en una forma cristalizada como el cuarzo, la cristobalita y la tridimita, o en forma no cristalina o amorfa, como en el ópalo. Se ha demostrado que la estructura cristalina o amorfa, como en el sílice puro tiene una influencia importante sobre la reacción tisular. Así en la producción de la respuesta fibrosa del tejido, la tridimita es intensamente fibrógena, la cristobalita y el cuarzo son tanto menos fibrógenos y finalmente el sílice amorfo, es sólo ligeramente fibrógeno.

El sílice, en su estado no libre o combinado, constituye principalmente los silicatos. Así, los feldespatos son silicatos de aluminio con potasio, sodio, calcio o bario. Otros silicatos incluyen el caolín, la mica, el esquisto, la pizarra y el talco. Una neumoconiosis asociada a la inhalación del polvo de un silicato se le nombra silicatosis. El sílice y los silicatos que forman casi toda la costra de la tierra, constituyen la mayor porción de todas las rocas y sus productos, como tierras, arenas y barros.

Se acepta generalmente que el tamaño de la partícula nociva de sílice es de extrema importancia para determinar el grado de reacción tisular que ocurrirá en el pulmón después de la inhalación del polvo silicoso. El tamaño de la partícula tiene relación directa sobre la concentración de partículas que puede estar suspendida en el aire; también determina la profundidad a la cual éstas partículas penetran al pulmón y en qué cantidades podrán depositarse y retenerse. Se ha producido silicosis experimental con partículas hasta de 8 a 10 μ de diámetro y se ha reportado que el tamaño óptimo para la retención alveolar del polvo de sílice es de cerca de 1 μ .

La evidencia reciente sugiere, sin embargo, que partículas menores de 1 μ de tamaño pueden ser más peligrosas, ya que penetran profundamente en los espacios alveolares y se depositan ahí en concentraciones muy altas. El

límite inferior del tamaño de partículas que producirá una reacción fibrógena se desconoce, pero debe estar cerca de 0.1μ .

La etiología, la sintomatología y la patología de una silicosis de rápido desarrollo, no se han comprendido bien. La enfermedad se ha reportado más frecuentemente en fábricas y empacadoras de polvos de jabón abrasivo, en lijadores de arena que trabajan en tanques cerrados y en perforadores de alto poder en rocas de túneles. (11)

La silicosis es la neumoconiosis más frecuente y grave. Se debe a la alteración de los pulmones por el polvo fino de sílice, de donde deriva su nombre.

La sílice (SiO_2) se encuentra en la naturaleza bajo forma de cuarzo y arena. Además, mezclada a los silicatos en el granito, pizarra, arcilla, etc., lo que justifica su abundancia.

Los polvos de sílice deben presentar una serie de características para poder producir la silicosis:

La sílice debe ser pura y preferentemente cristalizada.

Las partículas deben penetrar en los alvéolos pulmonares y depositarse.

Deben ser menores de 3 micras; las partículas de una micra son las más absorbidas.

Deben ser "frescas"; las arenas de playa y del desierto no originan silicosis.

La cantidad absorbida debe ser suficiente (Norma Oficial Mexicana 010 - STPS - '94).

Cuando todas estas condiciones se cumplen, la silicosis puede desarrollarse. Las "células de polvo" arrastran las partículas de sílice de volumen inferior a tres micras a los vasos linfáticos, de la misma manera que ellas arrastran otras sustancias; pero es en este momento cuando interviene la naturaleza del polvo. La sílice es un "polvo activo", mientras que el carbón, el hierro, etc., producen "polvos inertes". (20)

Calidad del Ambiente laboral en México

Speizer, 1989 escribió un artículo indicando que la magnitud del problema de la contaminación en interiores se desconoce exactamente, pero, afirma, no hay duda de que mucha gente está en riesgo de sufrir graves enfermedades respiratorias como resultado de exposiciones ocupacionales o ambientales. Por ejemplo si tan sólo el 5% (una cifra conservadora) de los trabajadores que actualmente están expuestos a asbesto, polvo, de algodón o sílice sufrieran enfermedades respiratorias por esta exposición, esto representa más de 100,000 individuos en Estados Unidos.

En el año de 1974, el Ing. Carlos Prieto en un informe dirigido al Presidente de la República reportó que en el país la proporción de humos y polvos generada por la industria siderúrgica era menor del 9% de la masa de partículas emitidas por el total de la industria; además a partir de entonces se han instalado equipos anticontaminantes con el propósito de reducir los índices de contaminación y las molestias a las comunidades próximas a las empresas.

Después de realizar una evaluación de las condiciones ambientales en una empresa del ramo metal-mecánica Arrieta y Flores, en 1983, concluyeron que la presencia de granalla en el área de sopletes, arena sílica en el departamento de moldeo y rebabas metálicas en el departamento de acabado, son factores físicos ambientales contribuyentes a la ocurrencia de accidentes en estas áreas.

En el proceso de producción de diversos artículos de acero como; hidrantes, tuberías de drenaje, comales, molinos, etc. el departamento de corazones es uno de los necesarios para el proceso. Los corazones son piezas constituidas por arena sílica tratada con diversas resinas y catalizadores, son de forma variable y su utilización principal es para darle alma a las piezas elaboradas principalmente de línea industrial. (2)

En 1979, Mendoza y Dávila, en estudios realizados, determinaron que todo el personal del departamento de fundición de la Fundidora Mty. S.A. estaba expuesto a la inhalación de polvos, tanto en el momento que se criba (criba de motor) la tierra como por los polvos arrastrados por el viento de otras áreas. La tierra que se utiliza para moldear es una mezcla de tierra arcillosa, bentonita, dextrina de maíz y arena sílica. De lo anterior dedujeron

que las personas que tienen tiempo prolongado de trabajar en esa área pudiesen padecer silicosis y que los riesgos del personal denominado "peón molino chileno", encargado de palear arena sílica al molino son los de sufrir lumbalgias y silicosis por aspiraciones de arena.

Barragán, A. (1994) reporta que se tiene conocimiento de que en los últimos 10 años se han registrado en México 50,000 casos de pacientes con diversos padecimientos vinculados con sus centros laborales, así como un total de 134 defunciones originadas por enfermedades en el trabajo y la pérdida de 1.1 millones de días entre incapacidades temporales y permanentes.

Además, así como por cada accidente de trabajo hay 3 riesgos laborales que no se detectan, por cada enfermedad identificada, 10 pasan inadvertidas.

En el último decenio se han registrado en el ámbito laboral mexicano por lo menos 12 modalidades patológicas. En orden de perseverancia figuran los trastornos del oído y las sorderas traumáticas; la neumoconiosis por sílice; la bronquitis química, apenas tipificada en 1992; la dermatosis; las enfermedades respiratorias; el saturnismo (debido a la toxicidad del plomo); los trastornos; los efectos tóxicos de sustancias aromáticas no corrosivas, ácidos y otros metales, y la neurosis.

Por otro lado, la década de los noventa trajo consigo la duplicación de las enfermedades ocupacionales. De 3,521 casos reportados en 1990 se pasó a 7,186 en 1992 (según estudios del IMSS ese año se otorgaron, por distintas causas, 50 millones de días de incapacidad).

Las estadísticas regionales con respecto a reportes de enfermedades de trabajo indican que estados como Coahuila, Hidalgo, Chihuahua y Zacatecas, que resintieron más los fenómenos recesivos, en 1992 registraron 2,489, 1,069, 653 y 403 casos, respectivamente, en contraste con las plazas de mayor desarrollo industrial, como el D.F. (373), Estado de México (567), N.L. (223), y Jalisco (137).

Para 1993, los índices se mantuvieron prácticamente iguales. Así mismo, de 1990 a 1993 se documentaron alrededor de 2 millones de accidentes y enfermedades de trabajo en las industrias de la construcción; de productos maquinados, básicas de hierro y acero, las que elaboran y envasan

refrescos y aguas gaseosas, las fabricantes de azúcar y de destilación de alcohol etílico, la textil y la de transporte ferroviario y eléctrico.

A estos segmentos tradicionales se ha sumado un nuevo bloque de empresas de servicios que ya empiezan a hacer estragos en la salud de los trabajadores. Destacan las dedicadas a la compraventa de alimentos, bebidas y productos del tabaco; las de materiales para la construcción, la madera, el acero y los productos de ferreterías y las tiendas de autoservicio.

En comparación con los países desarrollados, las enfermedades relacionadas con los efectos tóxicos de las sustancias químicas presentan en México una frecuencia baja (en 1992 ocuparon 2.6 % y en 1993, 1.7%). Se considera que estos porcentajes obedecen al desconocimiento médico de los aspectos toxicológicos en el ambiente laboral.

Para darnos una idea de la evolución que han tenido las enfermedades ocupacionales en los últimos cuatro años, la Jefatura de Servicios de Salud en el Trabajo del IMSS, cuenta con los siguientes datos:

Año	1990	1991	1992*	1993*
Total de enfermedades de trabajo	3,521	6,262	7,186	6,365
Días de incapacidad temporal por enfermedades de trabajo	66,174	67,650	54,903	55,968
Incapacidades permanentes por enfermedades de trabajo	3,401	5,926	7,052	6,731
Defunciones causadas por enfermedades de trabajo	6	17	13	8

* Entre estos dos años hubo una reducción de número de empresas y de trabajadores bajo seguro de riesgos de trabajo. Mientras en 1992 se registraron 777,881 empresas, en 1993 fueron 683,262. (Barragán, 1994).

Estudios previos de la empresa

La empresa que estudié ha recibido la visita del departamento de Seguridad e Higiene del IMSS en diversas ocasiones.

El 11 de Enero de 1982, se realizaron evaluaciones de agentes físicos contaminantes a petición del sindicato de la empresa.

En 1983 se realizó un estudio psicosocial de los trabajadores de la empresa. Al mismo tiempo se realizó un estudio general de las condiciones y del medio ambiente de la empresa, analizando los accidentes registrados en los años de 1981, 1982 y 1983 (Nov.). En estos tres años se registraron un total de 390 accidentes de trabajo de los cuales el 40% se registró en el área de producción.

En el año de 1988, se realizó un estudio específico de seguridad e higiene en el trabajo sobresaliendo el área de producción con el 86.3 % de los 88 casos registrados en la empresa en el período de estudio de 1987.

En 1990, se realizó un estudio general de las condiciones y medio ambiente de la empresa, en conjunto con un Programa de Seguridad Anual.

En el año de 1992 se visitó nuevamente la empresa durante el mes de Agosto, elaborando una estadística de accidentabilidad y haciendo un estudio específico del área con mayor incidencia y dando recomendaciones específicas.

Durante el mes de Octubre se visitó nuevamente, a petición de la empresa, con el programa " Establecimiento y Desarrollo de los Servicios de Seguridad e Higiene para la Prevención de Riesgos en la mediana empresa " colaborando con la empresa para el seguimiento de las recomendaciones del estudio específico y actualizando la estadística de manera general hasta fin de año. Se encontró que los problemas principales son causados por la gente de nuevo ingreso, con un 57% de incidencia.

En el año de 1993, para finalizar el período del programa, se analizaron las estadísticas y resultó una disminución considerable de los accidentes (43%) de tal manera que se procedió a elaborar un Programa Anual de Seguridad.

Por lo tanto y con el propósito de contribuir con la empresa en la disminución de los accidentes de trabajo registrados durante el período, se procedió a elaborar un estudio general de las condiciones y del medio ambiente de la misma y un programa anual de seguridad, con el fin de proponer medidas para solucionar los problemas existentes en la empresa.

Por los materiales usados en el proceso de producción, tales como: chatarra, coque, grafito, piedra caliza, bentonita, arena sílica, así como el manejo de la producción al rojo vivo, manejo de prensas y de tornos, etc. se consideró a la empresa como de riesgos potenciales para causar daños a los trabajadores.

En los recorridos de inspección general se detectó lo siguiente:

- Desorden en área de inspección en acabado.
- Falta de protección en las resistencias de la máquina de corazones.
- En el departamento de mecanizado se evaluaron los niveles de polvos y humos como superiores a lo especificado por el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (Instructivo No. 10).

El asesor técnico del Departamento Delegacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del IMSS incluido en el servicio prestado a la empresa, evaluó sensorial y cuantitativamente los agentes contaminantes presentes en el área de estudio, entre los cuales se incluyen los agentes químicos, los polvos y los humos. Se evaluó con equipo de campo (Bomba gravimétrica), y se encontró que los niveles de concentración de polvos y humos en algunas áreas de departamento exceden los valores límite tolerables (T.L.V.) especificados por el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (Instructivo 10). El mismo establece un valor máximo permisible de 0.1149 mg/m^3 de polvos de sílica fundida y de carbón así como de humos.

Estandares de higiene ocupacional

Sólo hasta fines del siglo pasado se promulgaron las primeras leyes de protección para los trabajadores. Alemania aprobó en 1865 la llamada "Ley de indemnización obligatoria para los trabajadores", con la que se inició la costumbre de responsabilizar al patrón. Inglaterra promulgó la "Ley de Fábricas" en 1837, que incluía la compensación por enfermedades y algunos aspectos de la higiene ambiental. En Francia, desde 1862, la higiene y la seguridad de los lugares de trabajo fue objeto de una Reglamentación especial. Los Estados Unidos de América promulgaron su primera "Ley sobre indemnización de los trabajadores" en 1903; pero limitada a los empleados y los obreros federales, y para 1921 aprobaron las leyes nacionales al respecto.

En 1936, en Venezuela, se inicia oficialmente la protección de los trabajadores, con la promulgación de la nueva Ley del Trabajo. (20)

Antes de que se dispusiera de estándares de higiene ocupacional, el criterio para relacionar el daño a la salud a las condiciones de trabajo eran casos de enfermedades ocupacionales severas o condiciones de trabajo altamente peligrosas o ambas.

Los primeros estándares aparecieron en Alemania (Lehmann, 1886) a finales del siglo pasado y estaban basados en extrapolaciones de experimentos con animales, en el corto plazo.

Fueron excepciones notables los estándares de sílice de África del Sur y de los Estados Unidos (Cook, 1969) los cuales se basaron en las mediciones de polvo de los ambientes de trabajo junto con los estudios médicos de los mineros expuestos.

Holmberg y Winell (1977) citan documentos que sugieren que en Rusia en la década de los 20 ya se usaban estándares de Higiene Ocupacional para algunos contaminantes. Una lista soviética de 14 sustancias fue publicada en 1933. Cuatro años antes, el estado de Massachusetts publicó la primera lista que apareció en los Estados Unidos. En la década de los 40 las Organizaciones Americanas tomaron el liderazgo en este campo con la lista de "Concentraciones Máximas Aceptables (MAC)" de la Asociación de Estándares Americanos, al aparecer en 1941, las "Guías de Higiene" de la AIHA en 1943, y los "valores umbrales límites (LTV)" de la ACGIH en el

año de 1947. Solo la lista de los TLV parece haber sido revisada e incrementada regularmente (anual).

En el año de 1955, en el Reino Unido, Goldblatt publicó una lista de sustancias nocivas, pero para las acciones legales Británicas generalmente se han basado en los TLV, los cuales han sido republicados por la British Factory Inspectorate (ahora Health and Safety Executive) como Technical Data Note desde el año de 1962.

Lo más reciente en este campo es BOSH, que publicó sus primeros estándares de Higiene en el año de 1968.

Durante la última década se han establecido dos estatutos de particular importancia para esta discusión, ellos son:

En los Estados Unidos, la Occupational Safety and Health Act 1970 (OSHA Act) y en el Reino Unido, la Health and Safety at Work Act 1974. Ambas actas establecen el uso de estos estándares. Pero sólo en el Acta Americana se define claramente lo que es un "estándar" y que es de observancia obligatoria. Los estándares para usarse bajo el OSHA Act 1970 son preparados por la NIOSH, si son aceptados por la OSHA se promulgan en regulaciones Federales (IMSS).

Marco Legal mexicano de Protección al ambiente y Seguridad Industrial.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su Artículo 4o. de las *Garantías Individuales*, indica que “Toda persona tiene derecho a la protección de la salud e incluye en su Artículo 27, que: “...Se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico;...”

Y, en su título sexto referente al Trabajo y de la Previsión Social, el Artículo 123 emite que: “Los empresarios serán responsables de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten...”, así como “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 a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, ...”.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en su Título cuarto, capítulo I, Artículo 110, relativo a la Prevención y control de la contaminación de la atmósfera, contempla que “La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, y 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”.

Asimismo, en el Artículo 113 de la citada Ley, se dicta “No podrán emitirse contaminantes a la atmósfera, que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente”.

El Reglamento de La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y control de la contaminación de la atmósfera, en su Artículo 16, dice que “Las emisiones

contaminación de la atmósfera, en su Artículo 16, dice que “Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las Normas Técnicas Ecológicas...”

En la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Nuevo León, Artículo 44, se dicta: “No podrán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrio ecológico o daños al ambiente. En todas las emisiones de la atmósfera deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas técnicas ecológicas”.

La Ley General de Salud, en nuestro país, contempla; en el artículo 112 que la educación para la salud tiene por objeto:

I. “ Fomentar en la población el desarrollo de actitudes y conductas que le permitan participar en la prevención de enfermedades individuales, colectivas y accidentes, y protegerse de los riesgos que pongan en peligro la salud., y

II. Proporcionar a la población los conocimientos sobre las causas de las enfermedades y los daños provocados por los efectos nocivos del ambiente en la salud ”.

En el artículo 128, referente a la Salud Ocupacional, dice: “El trabajo o las actividades, sean comerciales, industriales, profesionales o de otra índole, se ajustarán por lo que a la protección de la salud se refiere, a las normas que al efecto dicten las autoridades sanitarias, de conformidad con esta ley y demás disposiciones legales sobre salud ocupacional.

El artículo 129, Para los efectos del artículo anterior, la Secretaría de Salud tendrá a su cargo:

I. “ Establecer los criterios para el uso y manejo de sustancias, maquinaria equipos y aparatos, con objeto de reducir los riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto, poniendo particular énfasis en el manejo de sustancias radiactivas y fuentes de radiación;

III. Ejercer junto con los gobiernos de las entidades federativas, el control sanitario sobre los establecimientos en los que se desarrollen actividades

ocupacionales, para el cumplimiento de los requisitos que en cada caso deban reunir, de conformidad con lo que establezcan los reglamentos respectivos ”.

En el artículo 130 encontramos que la Secretaría de Salud, en coordinación con las autoridades laborales y las instituciones públicas de seguridad social y los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia; “ promoverán, desarrollarán y difundirán investigación multidisciplinaria que permita prevenir y controlar las enfermedades y accidentes ocupacionales, y estudios para adecuar los instrumentos y equipos de trabajo a las características del hombre ”.

En el Artículo 96, de la investigación para la salud, se describe que ésta incluye el desarrollo de acciones que contribuyan al conocimiento y control de los efectos nocivos del ambiente en la salud.

Por otra parte, la Ley Federal del Trabajo contempla en su artículo 512 que en los reglamentos de la misma Ley así como en los instructivos que las autoridades laborales expidan con base en los mismos, se fijarán las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que éste se desarrolle en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores.

En su artículo 513, inciso 19, se considera a la Silicosis como parte de la tabla de enfermedades de trabajo del tipo de “Neumoconiosis y enfermedades broncopulmonares producidas por aspiración de polvos y humos de origen animal, vegetal o mineral”, a la cual están asociados mineros, canteros, areneros, pulidores con chorro de arena, cerámica, cemento, fundidos, industria química y productos refractarios que contengan sílice.

El artículo 541 de la citada Ley, menciona acerca de los Inspectores del Trabajo, que, tienen los deberes y atribuciones de “sugerir se eliminen los defectos comprobados en las instalaciones y métodos de trabajo cuando constituyan una violación de las normas de trabajo o un peligro para la seguridad o salud de los trabajadores, y la adopción de las medidas de aplicación inmediata en caso de peligro inminente”.

Norma Oficial Mexicana 010-STPS-1994

Fué publicada en el Diario Oficial de la Federación, el Viernes 8 de Julio de 1994, 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. (Ver Anexo X.4)

METODOS

Como parte inicial del trabajo de investigación, se organizaron y dieron una serie de pláticas al personal obrero y de mantenimiento, también a las secretarías y personal de intendencia. El objetivo principal de estas pláticas fue el de difundir la cultura ecológica y motivar a los trabajadores de la empresa para que participen activamente en los programas implantados de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Reconocimiento

Se procedió a seguir los lineamientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-O10-STPS-1994, 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 y en la cual se establecen los requisitos para el reconocimiento. Estos fueron cumplidos de la manera siguiente:

Identificación de los contaminantes

1) Se revisó el diagrama de flujo y el proceso de producción de la empresa, con la finalidad de reconocer las sustancias contaminantes. Posteriormente se llevó a cabo un recorrido por el área de estudio, acompañados por el Jefe de Seguridad Industrial así como el Jefe de Mantenimiento y el Responsable del Departamento corazonas, observando el proceso de producción llevado a cabo, determinando así las dimensiones del lugar, el número de trabajadores, los horarios de trabajo, la materia prima utilizada, los procesos, la maquinaria empleada, los productos y subproductos elaborados, así como residuos generados. (Fig. No. 5)

Características fisicoquímicas del (los) contaminantes

Una vez identificadas las sustancias contaminantes, se procedió a solicitar las hojas de seguridad correspondientes a la materia prima manejada durante la producción; y, después de revisada se establecieron sus características físico químicas, la toxicidad de las sustancias y las alteraciones que éstas puedan producir a la salud de los trabajadores. (Tabla No. 1)

Identificación de las fuentes generadoras

Se realizó un segundo recorrido por el área de estudio, observando las emisiones de polvo y sus lugares específicos de origen para determinar en qué parte del proceso de producción se emiten las partículas contaminantes.

Delimitación de las zonas de riesgo a exposición

Mediante el segundo recorrido, al mismo tiempo que se observaron las fuentes de contaminación, se delimitaron las zonas donde existe el riesgo de exposición. (Fig. No. 3)

Número de trabajadores potencialmente expuestos

Con las observaciones realizadas en el recorrido del área de estudio, se determinó el número de trabajadores potencialmente expuestos.

Instrumentación y método de muestreo

En base al Instructivo 10, se determinó la instrumentación y el método de muestreo.

Posteriormente se llevó a cabo la *evaluación*, que produjo las siguientes determinaciones:

1. Determinación de Polvo Total Sedimentable
2. Determinación de Polvo Total Suspendido
3. Polvo Total en muestreo personal
4. Tamaño y forma de Partículas Totales
5. Numero de Partículas Totales
6. Análisis e interpretación de radiografías torácicas.

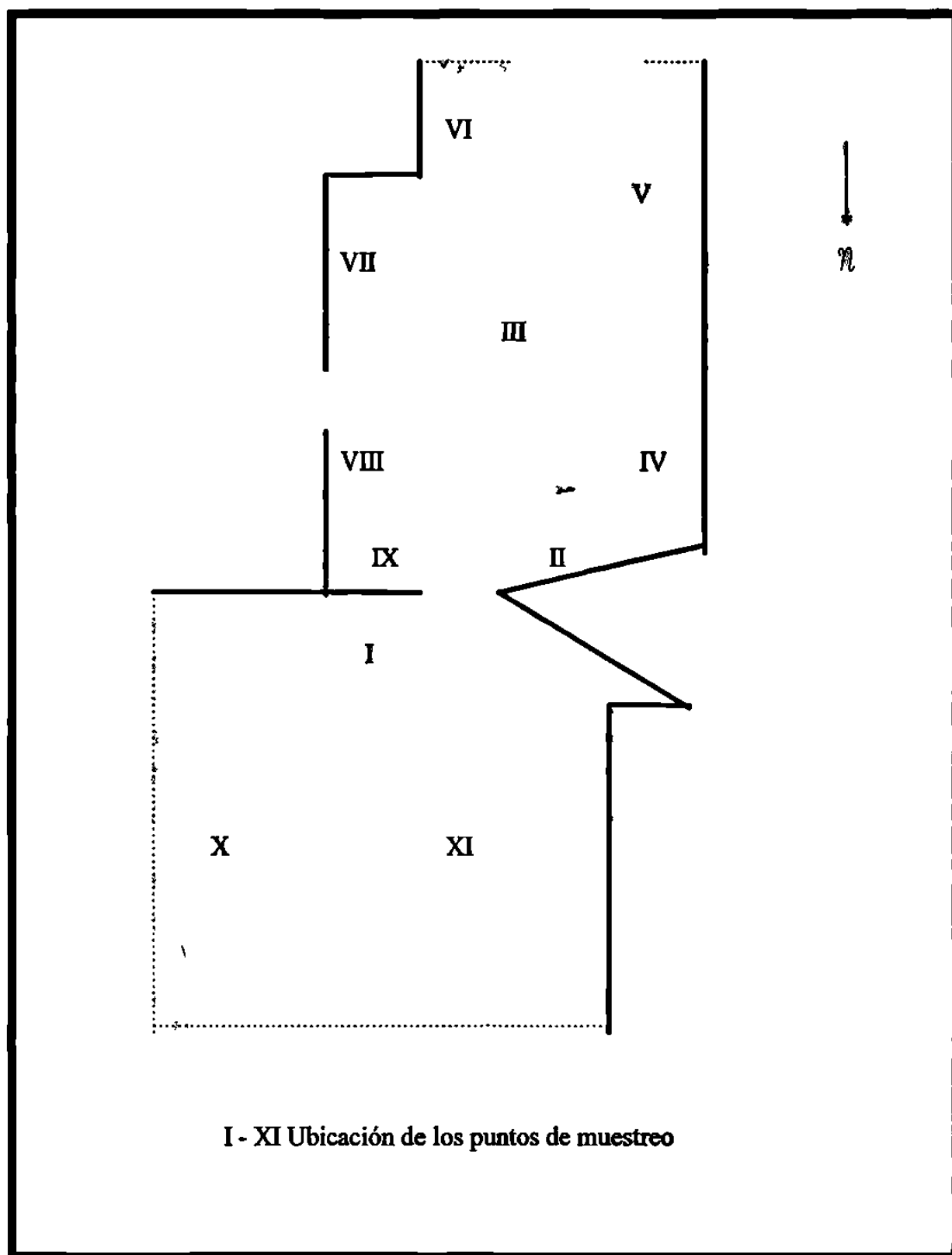


Fig. No. 3 Diagrama que muestra la ubicación de las diversas áreas de muestreo en el departamento corazones.

Evaluación

Determinación de Polvo Total Sedimentable

Para determinar la cantidad de polvo que se sedimenta, se establecieron 9 puntos de muestreo, tomando en cuenta las dimensiones del área de estudio y las corrientes de aire prevalecientes, en cada punto durante 24 horas un recipiente de plástico de área uniforme, que contenía 100 ml de agua destilada. Se recogió cada uno de los recipientes y las muestras fueron procesadas en el laboratorio, para determinar la cantidad de sólidos totales, por método gravimétrico, en cada una de ellas. El muestreo se realizó por duplicado. (Fig. No. 9)

Determinación de Polvo Total Suspendido

La determinación de la concentración o la cantidad de partículas de polvo suspendidos en un volumen dado de aire, es el primer paso a seguir en el estudio de un polvo industrial. La concentración es generalmente expresada en el número de partículas por pie cúbico o por metro cúbico de aire o por litro de aire; también puede ser expresada en términos de peso por volumen de aire (mg/m^3).

El estudio de las concentraciones de polvo requirió de dos operaciones: el muestreo y la evaluación propiamente dicha. La primera, se realizó utilizando un muestreador de alto volumen y un higrómetro para registrar las condiciones de temperatura y humedad relativa. (Fig. No. 5, No. 6 y Fig. No. 7).

Se establecieron 9 puntos de muestreo y éste se realizó por triplicado; la evaluación de las muestras colectadas se llevó a cabo de acuerdo al método gravimétrico.

El cual consistió de los siguientes pasos:

Paso #1. Acondicionamiento del filtro por 24 horas a temperatura y humedad constantes ($30 \pm 3^\circ\text{C}$ y H.R. $< 50\%$) para pesarlo posteriormente (Peso inicial).

Paso #2. Se colocó el muestreador con su respectivo filtro de fibra de vidrio en el punto de muestreo, por un lapso de 15 minutos (debido a la

capacidad del equipo muestreador, para evitar la saturación). Se establece, además, el flujo de muestreo.

Paso #3. Posteriormente, el filtro se retira del muestreador y se dobla cuidadosamente para evitar derrames del polvo colectado, se introduce en un sobre para su traslado al laboratorio.

Paso #4. Se coloca el filtro muestreado nuevamente, en condiciones de temperatura y humedad constantes por 24 horas y se pesa (Peso final).

Paso #5. Se le resta el Peso inicial al Peso final encontrado (Peso final menos Peso inicial) para determinar los gramos de polvo colectados por m³ de aire muestreado.

Muestreo personal para la determinación del Polvo Total

Mediante el uso del muestreador Midget Impinger cuyo fundamento (estrellamiento o impacto) se basa en que una partícula que choca a gran velocidad perpendicularmente contra una superficie, por cambio brusco de dirección y por inercia de la partícula misma en condiciones favorables se separa del aire en que está suspendido y utilizando filtros millipore de 0.8 µm de diámetro de poro, se colocaron en 4 personas como lo indica la NOM-010-1994-STPS, cuando el tamaño original del grupo de riesgo común es de 15-20 personas.

Para la realización del muestreo se procedió a instalar el filtro cerca de la zona respiratoria, con un tiempo de muestreo de 5 minutos. (Ver figura No. 4)

Los filtros fueron previamente acondicionados a una temperatura y a una humedad constantes, para su pesado inicial (Peso inicial), para después colocarlos en el muestreador.

Una vez instalados los filtros, se inició el muestreo por un tiempo de 5 minutos y se registró el flujo inicial.

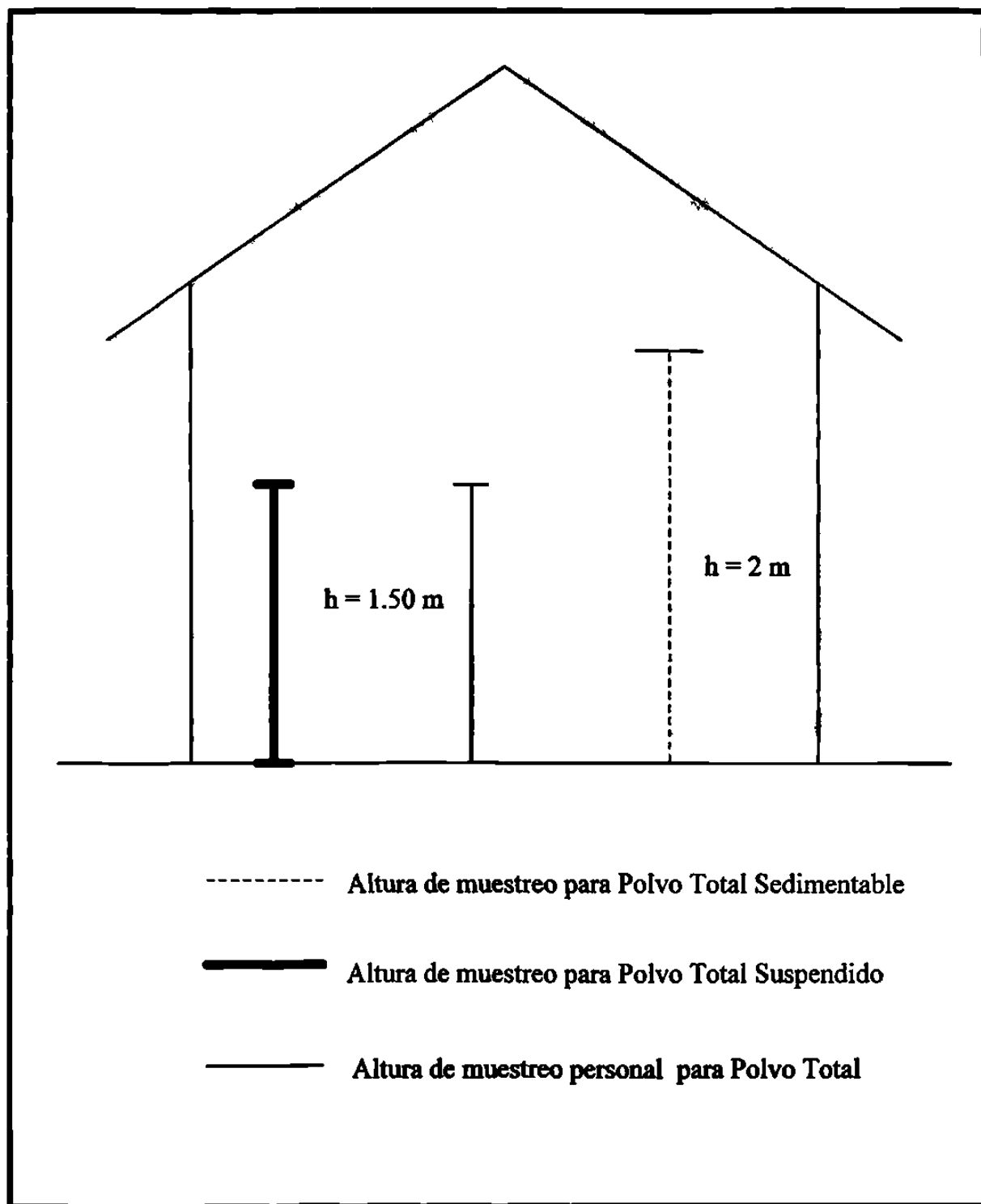


Fig. No. 4 Esquema que muestra la altura de muestreo en las diversas áreas del Departamento corazones.

Una vez retirado el filtro del muestreador, se guardó cuidadosamente para su traslado al laboratorio.

NOTA: Se mantuvo el flujo inicial y final.

El filtro con la muestra, se colocó en condiciones estables de humedad y temperatura por un lapso de 24 horas y se pesó (Peso final).

Para determinar la cantidad de Polvo Total se resta el peso final del peso inicial (Peso final menos Peso inicial) y se calcula como gr. de polvo por m³ de aire respirado.

Mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{g/m}^3 = \frac{\text{A}}{\text{B}}$$

Donde:

A = g de polvo colectados en el filtro (Peso final menos Peso inicial)

y B = Volumen de aire muestreado en m³ (Flujo por tiempo de muestreo)

Determinación de Tamaño y forma de partículas totales

Para estas determinaciones se procedió de la siguiente manera con el uso del muestreador "midget impigner".

Los impigners o frascos muestreadores se retiran del block de madera, uno por uno; se realizó un lavado riguroso para evitar presencia de partículas, primero con agua y detergente, enseguida se enjuagaron en agua caliente, luego con agua destilada y finalmente con alcohol libre de polvo utilizando para ello un frasco lavador. Cada frasco se cargó con 10 cm³ de alcohol, el

tapón central es insertado en el frasco, ajustando el extremo del tubo interior a una distancia de 5 mm del fondo.

Recolección de muestras

Para tomar las muestras de polvo, se cuelga la caja del Midget Impigner sobre cualquiera de los hombros, por medio de tiradores ajustables que contiene el instrumento, luego se hace rotar la caja de modo que el operador tenga a la vista la lectura directa del indicador de presión y la manivela dirigida hacia la mano derecha.

Se abre la caja, se desenvuelve la manguera, se la hace pasar por la abertura de la caja, se saca un frasco y se cierra la tapa de la caja. Se quitan los pequeños tapones de goma superior y lateral al frasco en el que se inserta la manguera.

Al accionar la manivela de la bomba, en cualquier sentido, se debe controlar el tiempo con un cronómetro. La velocidad que debe tener el accionamiento de la manivela (50 o más RPM) debe ser debidamente controlada para mantener el nivel del vacío equivalente a 12 pulgadas de agua, el cual se controló con las revoluciones por minuto.

Las muestras se deben tomar por 10 minutos seguidos cuando las concentraciones de polvo no se aprecian a simple vista, y 5 minutos cuando ellas son altas. Una vez determinada la colección de la muestra, se vuelven a su sitio los tapones de goma superior y lateral, se marca con un lápiz el número del frasco y se hacen las anotaciones para correlacionar la muestra: fecha, hora, condiciones del lugar y tiempo exacto de muestreo.

Operaciones de Laboratorio

Una vez terminada la colección de muestras, se lleva el aparato Impigner al Laboratorio; donde se procede a la limpieza exterior de los frascos, antes de quitar los tapones. Un sistema recomendable es el de quitar el tapón lateral del frasco para evitar que la presión que haya podido producirse interiormente en el frasco desaloje el líquido con la muestra. En seguida, se lava el tubo central por su interior y exterior desde el orificio de entrada a través de toda la boquilla usando alcohol libre de polvo (el mismo utilizado en el muestreo), asegurándose que el lavado escurra por toda la pared interna del frasco muestreador. Agregue alcohol hasta cuando el

volumen de éste en el frasco sea de 30 cm³. Volúmenes menores se aplican sólo a recuentos más bajos. La cantidad de líquido para diluir es determinada por las anotaciones del lugar del muestreo y la vista de la muestra que revela una cierta concentración de partículas de polvo. En seguida, el frasco muestreador se cierra con un tapón sólido en lugar del que tiene la boquilla.

Tamaño y forma de partículas. Análisis de las muestras mediante el uso del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

Una vez colectadas las muestras, se realizó el siguiente procedimiento, con el fin de concentrar las muestras de partículas y poder observarlas en el microscopio electrónico en un sólo campo.

Concentración de la muestra mediante retrolavado en filtro milipore: Con ayuda de una jeringa se extrajo toda la solución de alcohol contenida en los frascos muestreadores, y se hizo pasar por un filtro milipore limpio con el propósito de retener las partículas.

Una vez lavada varias veces con solución de alcohol, se retiró el filtro del portafiltro para su secado.

Se recortó una porción del filtro y se colocó en las bases-portamuestras para su pretratamiento (recubrirlas con oro), mientras que en las muestras más dispersas se lavó el filtro y se colectó la solución de lavado, se llevó a secar y se colocaron en las bases-portamuestras para su pretratamiento; el cual consistió en recubrirlas con oro.

El recubrimiento con oro se realizó en un Cubridor iónico BALZERS Modelo SCDO40.

Las muestras preparadas se introdujeron en el microscopio electrónico de barrido (MEB) Modelo MINISEM-5 para su observación a 15 Kilovoltios de energía de aceleración y para su posterior fotografiado.

En las fotografías obtenidas, se realizó la medición de las partículas, así como la observación de las formas predominantes.

Estos métodos fueron tomados del libro "Introduction to Biological Electron Microscopy: Theory and Techniques". 1988. Dawes, C.J. Editorial LADD. U.S.A. 315 p.

NOTA: Para su posterior comparación, se fotografiaron muestras de la materia prima utilizada en el proceso de producción.

Determinación de número de partículas totales

El procedimiento, después de haber recolectado las muestras en los frascos del impinger, consiste en realizar el conteo del número de partículas por ml de muestra, para lo cual se coloca un ml de la muestra en la Cámara de New Bauer, se cuentan mediante un microscopio óptico en 1 mm^2 , obteniendo el número de partículas por mm^3 . Los resultados son expresados en millones de partículas por metro cúbico (mppmc).

Análisis e interpretación de las radiografías torácicas

Se realizó un estudio de gabinete a los trabajadores de la planta, para lo cual se le tomaron Teleradiografías de torax y se hizo la observación de las mismas para interpretarlas. Lo anterior fue realizado en el Servicio Médico Industrial, en la Ciudad de Monterrey, N.L.

Control

Cuando las sustancias químicas contaminantes rebasen los niveles máximos permisibles de concentración, considerando el tipo de exposición, referidos en la Tabla No. 1 de la Norma Oficial Mexicana 010-STPS-1994 (Anexo X.5), se deberán aplicar, en su orden las medidas siguientes:

- a) Modificar o sustituir las sustancias que están alterando el medio ambiente de trabajo, capaces de causar daño a la salud de los trabajadores por otras sustancias que no lo causen.
- b) Reducir al mínimo las sustancias químicas contaminantes.
- c) Efectuar las modificaciones en los equipos o en los procedimientos de trabajo.

Cuando por la naturaleza de los procesos de producción del centro de trabajo, no sea factible reducir las sustancias a los límites permisibles, se adoptará, en su orden, alguna de las medidas siguientes:

- a) Aislar las fuentes de contaminación en los procesos, los equipos o las áreas.
- b) Aislar a los trabajadores.
- c) Dotar a los trabajadores del equipo de protección específico al riesgo. En la selección de éste el patrón deberá considerar los niveles de atenuación del mismo, con el propósito de que las concentraciones medias a que exponga al trabajador no rebasen los niveles máximos previstos en la Tabla No. 1 (Anexo X.5).

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Resultados del reconocimiento

Giro de la empresa: Conformación y moldeo de metales en caliente (fundición), y acabado del producto.

Ubicación y colindancias: la empresa está ubicada en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, N.L. con las siguientes colindancias.

Al norte: Empresa de reparación de tractocamiones

Al sur: Casas habitación

Al oriente: Casas habitación

Al poniente: Casas habitación, empresa con giro industrial - minero. (Anexo X.2)

Dimensiones del área en estudio: Se observó una nave industrial dedicada a la manufactura de corazones, dividida en dos secciones: la primera con un área de aprox. 8m x 15m y comunicada directamente con el área de moldeo, y la segunda delimitada del área de moldeo por una pared y con dimensiones de 10m de ancho x 20 m largo, completamente cerrada en la orientación al Norte y en comunicación con el patio de la empresa, en el lado Poniente con una zona para carga y descarga de arena sílica; y al Sur, la comunicada con el área de moldes mediante una puerta de acceso para la entrada y salida de producto terminado. (Anexo X.3)

Además se observó un colector de polvos colocado en el área de molino y 4 extractores instalados en la parte superior (aproximadamente a una altura de 8 m del piso) en dirección Norte.

El proceso de producción se inicia con la recepción de la arena sílica, que se coloca en el piso, en un área de 5m x 6m; para su almacenaje hasta el momento de uso (Fig. No. 5)

Posteriormente se realiza la mezcla de arena con resina fenólica, en un molino y cribado, para ser vaciada manualmente mediante botes de plástico, a cada máquina corazonera.

Posteriormente se realiza la mezcla de arena con resina fenólica, en un molino y cribado, para ser vaciada manualmente mediante botes de plástico, a cada máquina corazonera.

Una vez cocido el corazón, se saca de la máquina y se va almacenando en el piso, para su utilización en el área de vaciado.

El manejo mensual de arena sílica es de 66 Toneladas aprox.

Laboran ahí doce trabajadores, cuyas edades fluctúan entre los 26 y los 53 años y su antigüedad mínima en la empresa se encuentra entre uno y tres años, dos de los empleados tienen 22 años de antigüedad.

Hay tres turnos de trabajo:

Turno de mañana (6:00 a.m. - 2:00 p.m.), total 7 trabajadores

Turno de tarde (2 p.m. - 9:30 p.m.), total 3 trabajadores

Turno de noche (10:00 p.m. - 6:00 a.m.) un trabajador

Operaciones que al realizarse obligan al trabajador a estar en exposición con las sustancias químicas:

Recepción de la arena sílica

Paleado para vaciarla del camión transportador

Constante acomodo en el suelo

Cargarla en carretillas para su vaciado en molinos y cribado

Vaciado en la máquina corazonera

Sacado de los corazones

Almacén de corazones (producto terminado).

Ordenamiento de los corazones que se rompen en el manejo, para su disposición final (residuos).

En el área en estudio, actualmente se carece de un contenedor que encierre la fuente de contaminación por polvos, y como señala Mendez y col., la exposición a polvos que contienen sílice debe evitarse tomando medidas adecuadas de ingeniería preventiva industrial.

En base a observaciones, se encontró que el principal contaminante consiste en partículas de arena sílica y arena sílica fundida.

Las principales características de la arena sílica utilizada, se describen en la tabla No. 1.

Tamiz / % Retención = 100-140 / 82.5 (0.15 - 0.106 mm)
Propiedades físicas (forma del grano).- redonda y subangular
Propiedades químicas (% de SiO ₂) = 97.18
Riesgos para la salud: La prolongada inhalación de polvos conteniendo sílice o arena sílicea puede dar como resultado el desarrollo de una fibrosis pulmonar conocida como silicosis. El procedimiento en caso de fuga o derrame es evitar el barrido en seco. Protección personal consistente en lentes de seguridad, escudo facial, guantes gruesos de trabajo y respiradores para polvo fino.

Tabla No. 1. Características fisicoquímicas de las sustancias empleadas (arena sílica).

En base a las observaciones realizadas, las zonas identificadas como fuentes generadoras son el área de almacenamiento, el área de molino y el área de las máquinas corazoneras.

La zona donde existe riesgo de exposición se consideró todo el departamento.

El número de trabajadores potencialmente expuestos es de doce.

La instrumentación y el método de muestreo consistieron en un muestreador de aire de alto volumen portátil (*Sixt-flow*), muestreador de aire personal (*midget-impigner*), higrotermógrafo, balanza analítica, desecadora, microscopio óptico, microscopio electrónico, filtro millipore, filtros de fibra de vidrio, equipo de seguridad personal para el muestreo, cronómetro, crisol de porcelana, envases de plástico y sobres de papel para el transporte de los filtros. (Fig. No. 6 y No. 7)

Resultados de la evaluación**Evaluación cuantitativa**

<i>Area de muestreo</i>	<i>Polvo Total Sedimentable g.m²/día</i>
I	42.5
II	0.654
III	6.469
IV	3.345
V	7.566
VI	3.123
VII	0.636
VIII	50.407
IX	98.185
X	0.548
XI	2.079

Tabla No. 2 Concentraciones de Polvo Total Sedimentable en diferentes áreas del Departamento corazones.

En la actualidad, no existe Norma Oficial que reglamente la cantidad de Polvo Sedimentado, por lo cual no se puede tomar un valor de referencia. Si observamos la cantidad de polvo que se deposita en el suelo y lo multiplicamos por el área total del departamento, obtenemos que el polvo máximo diario sedimentado es 7,250 g., {145m² x 50 (g/m²)día } los cuales quedan expuestos al ambiente y a las corrientes de aire de la empresa, además que implica trabajo de mantenimiento para la limpieza del lugar.

En lo que respecta al Polvo Total Suspendido, después de realizar tres muestreos en los puntos señalados (ver Anexo X.3) y al compararlo con la Norma Oficial, se observó que ésta no se cumple en varias áreas del Departamento, ya que son mayores a 0.3 mg/m³ (Tabla No. 3), y, en base a los antecedentes del reconocimiento, es correlacionable los niveles encontrados con las fuentes de exposición y el manejo de la materia prima (manualmente). La eliminación de las fuentes de contaminación consiste en dos acciones:

el diseño de la planta y el equipo o la alteración de ambos tendiente a eliminar los posibles focos de producción de polvo (IMSS. Gómez, S.)

Area de muestreo	Polvo		Total	Suspendido
	1er. muestreo	2o. muestreo	(mg/m ³)	3er. muestreo
I	0.0706	5.2		1.66
II	21	0.181		1.27
III	2.6	3.07		0.306
IV	1.04	10		30.6
V	0.65	0.13		0.58
VI	0.103	0.0314		0.28
VII	0.314	0.314		0.45
VIII	0.46	0.46		0.63
IX	0.28	0.28		1.56
X	1	2.3		6.43
XI	11.9	0.7		0.74
		NOM -010-94 (STPS) Nivel Máximo Permisible de Polvo Total Respirable y No Respirable = $\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{ cuarzo} + 3}$		NMP = $30 / (97.18 + 3)$ NMP = 0.298 mg/m^3

Tabla No. 3 Concentraciones de Polvo Total Suspendido en diferentes áreas del Departamento corazones.

Área de muestreo	Partículas Totales (mg/m ³)
II	2.12
IV	3.53
VI	2.12
IX	1.41
NOM -010-94 (STPS) Nivel Máximo Permisible de Polvo Total Respirable y No Respirable = $\frac{30 \text{ mg}}{\text{m}^3}$ % cuarzo +3	NMP = $30 / (97.18 + 3)$ NMP = 0.298 mg/m^3

Tabla No. 4 Concentración de Partículas Totales en diferentes áreas del Departamento corazones en un muestreo personal.

El muestreo personal realizado, reafirmó los niveles de concentración encontrados en el muestreo ambiental, ya que se exceden los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana, por lo cual es necesario implementar medidas de control que disminuyan los niveles hasta condiciones aceptables, las cuales, según Méndez y col., consisten en sustituir el agente, captar los polvos, encerrar la fuente y el uso adecuado de equipo de protección respiratoria.

Area de muestreo	Millones de partículas por metro cúbico (mppmc)
IV	346.2
VI	164.6
IX	758.3
NOM-010-STPS-1994	Nivel Máximo Permisible en mppmc (millones de partículas por metro cúbico) para polvos de sílice (SiO ₂) = 10,590/ (% cuarzo + 10) NMP (mppmc) = 98.80

Tabla No. 5 Número de partículas totales presentes en diversas áreas del Departamento corazones.

Al realizar el análisis del número de partículas presentes en el ambiente laboral, así como el tamaño prevaleciente de las mismas se encontró que éstas son en su mayor porcentaje menores de 5 micras, las cuales son consideradas las más peligrosas por sus efectos en los tejidos pulmonares, ya que la dimensión de las partículas de polvo que pueden entrar en los pulmones es inferior a 5 micras (Baturín, 1976). (Tabla No. 6)

Siendo éste, según González Zepeda, uno de los dos factores necesarios para el diagnóstico positivo de la neumoconiosis, es decir, antecedentes de exposición al ambiente contaminado con polvos inorgánicos capaces de producir enfermedad; siendo el segundo factor y no presente en los resultados obtenidos, las opacidades radiográficas compatibles con el padecimiento, se encuentren o no datos clínicos o alteraciones funcionales (Tabla No. 7).

Area de muestreo	% de partículas < 5 micras
IV	79
VI	83
IX	78

Tabla No. 6 Porcentaje de partículas menores de 5 micras presentes en diversas áreas del Departamento corazones.

ESTUDIO	RESULTADOS
1. Tórax óseo y tejidos blandos	No se observaron alteraciones en dichos tejidos
2. Pleuropulmonares	No se observan infiltrados pulmonares, no hay evidencia de derrame pleural y no adenomegalias mediastinales.
3. Cardiovascular	Índice cardiotorácico, pedículo y flujo vascular pulmonar normales.

Tabla No. 7 Resultados del estudio de gabinete.

Se realizaron radiografías torácicas a los trabajadores expuestos al microambiente en estudio, en el Servicio Médico Industrial, ubicado en la Ciudad de Monterrey, N.L. El estudio consistió en una Teleradiografía de Tórax, y no se observaron opacidades que pudieran indicar sintomatología de enfermedad originada por inhalación de polvos, como lo comenta Pérez Lucio*, en el tema de Efectos tóxicos de sustancias químicas, en el cual afirma que la fibrosis pulmonar puede ser producida por depósito de partículas, como ocurre en la silicosis y otras neumoconiosis, aclara.

A pesar de lo anterior, el estudio de contaminantes ambientales no deberá estar dado sólo cuando la situación es peligrosa (contingencia ambiental), sino a través de un programa preventivo permanente, con el propósito de reducir tanto como sea posible el nivel de riesgo a la salud humana, elevando así el grado de protección y seguridad de empleadores y trabajadores, como lo señala el IMSS, (1994).

Se encontró que la forma de las partículas de arena sílica es heterogénea e irregular, como podemos observar en la Fig. No. 14 y 15, lo cual corresponde tanto a las partículas de polvo respirables como totales. Según Pérez Lucio, estas formas facilitan el incrustamiento en las vías respiratorias y provoca efectos locales como cambios inflamatorios en las diferentes partes del aparato respiratorio, sea región nasofaríngea, traqueobronquial o pulmonar.

*IMSS. Perez, L.1992.Intoxicaciones LaboralesTalleres Litográfica Electrónica S.A.de C.V. México



Fig. No. 13 Partículas de materia prima utilizada

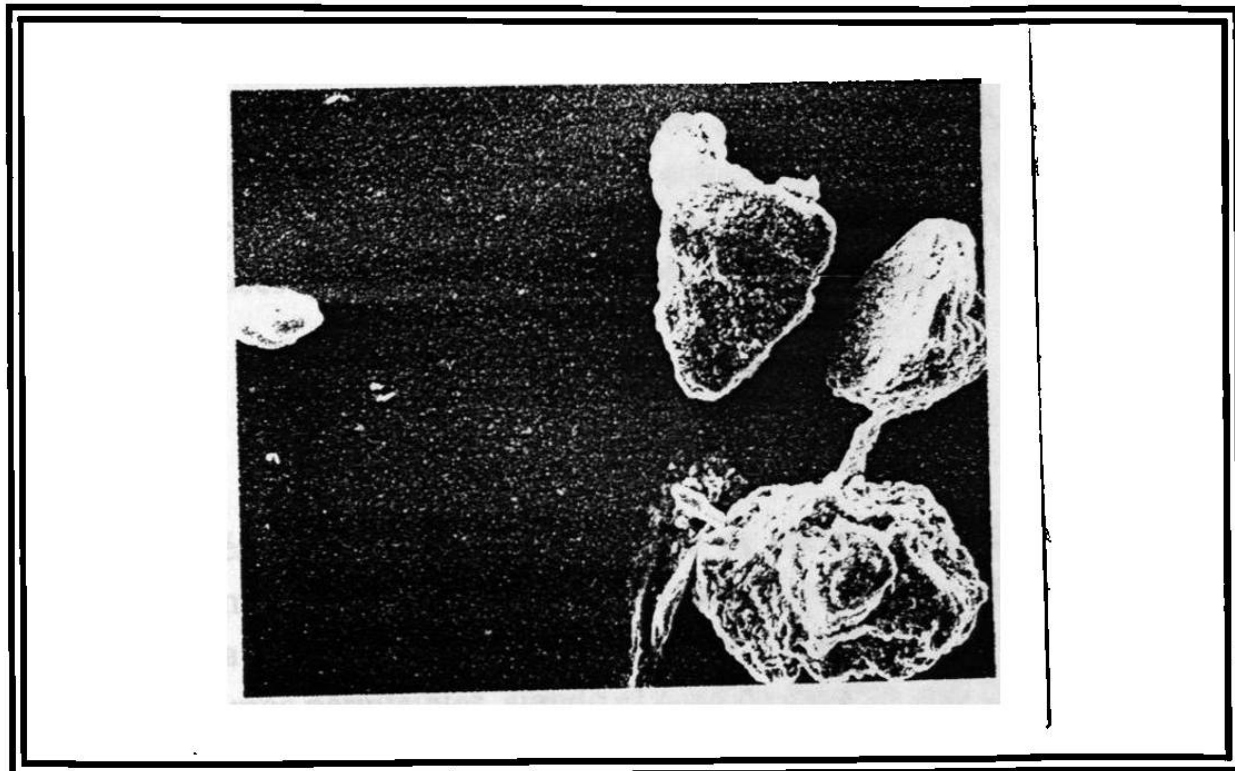


Fig. No. 14 Partículas de polvo total suspendido.