

**Determinación de las
concentraciones de exposición
laboral a sílice libre cristalina y
polvo no clasificado fracción
respirable en los diferentes
puestos de trabajo en la
construcción de edificios en altura.**

Proyecto de investigación y Desarrollo
para la mejora de la prevención y protección
de los Riesgos Laborales.
Autor: Netse.

Índice

1.- Resumen	3
2.- Introducción	7
3.- Hipótesis de trabajo	29
4.- Objetivo general	29
5.- Objetivos específicos	29
6.- Materiales y métodos	31
7.- Resultados	44
8. Discusiones	53
9. Conclusiones	60
10. Bibliografía	62
Anexos	67

1.- RESUMEN

La construcción es una actividad que está sometida a los vaivenes de la economía nacional y que en las últimas décadas ha experimentado un gran crecimiento en nuestro país, especialmente en la Región Metropolitana, lugar en donde se ha concentrado la mayor cantidad de edificaciones.

El desarrollo en esta área productiva lleva consigo exigencias en materia de calidad y productividad con elevados riesgos en materia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

En los últimos años ha existido un cambio en las tecnologías constructivas, determinadas por el uso de moldajes y encofrados industriales eliminando las faenas de terminaciones y reparaciones de paramentos como estuco y yeso.

Esto ha introducido tareas como desbaste o pulido de muros y losas, las cuales en su composición agentes de riesgo higiénico que pudieran provocar efectos sobre la salud de los trabajadores.

Por otra parte, tareas que también eran realizadas de forma manual como el corte de ladrillo ahora se realicen utilizando herramientas eléctricas a alta revoluciones, lo que ha permitido un aumento en la productividad, porque se realiza en un menor tiempo pero ha provocado que la presencia de polvo que contiene sílice libre cristalizada cuarzo aumente considerablemente.

La sílice o dióxido de silicio (SiO_2) es un compuesto químico que se encuentra presente en un alto porcentaje en la corteza terrestre, por ejemplo en rocas arena, arenisca, cuarcita y granito. En la naturaleza se encuentra en diferentes estructuras tanto cristalinas como amorfas y puede estar presente en depósitos naturales y en productos fabricados por el hombre.

En la construcción existen muchos productos, materiales primarios, que en su composición contienen sílice libre cristalizada y por lo tanto, existen trabajadores que de forma directa e indirecta por las tareas que normalmente realizan pueden estar expuestos a respirar polvo que contiene este agente químico.

La importancia de realizar este tipo de trabajo radica en los efectos que provoca una exposición no controlada a este agente químico, los diferentes estudios científicos realizados en trabajadores expuestos señalan que su exposición puede provocar efectos nocivos sobre su salud, entre ellas diferentes afecciones respiratorias, la de mayor relevancia y gravedad es la llamada silicosis.

Conocer las concentraciones sílice libre cristalizada cuarzo presentes en los diferentes procesos, tareas y/o puestos de trabajo existen en la construcción de edificios en altura, permitirá conocer en cuales de ellos existe exposición a este agente y por lo tanto, permitirá focalizar nuestros esfuerzos en las medidas preventivas de control de la exposición y la aparición de nuevos casos de enfermedades respiratorias, además de contribuir al mejoramiento del catastro elaborado para la comisión del Programa de Erradicación Nacional de la Silicosis.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó un estudio cuantitativo de la presencia polvo fracción respirable que contine



sílice libre cristaliza cuarzo en los diferentes puestos de trabajo seleccionados, en las diferentes etapas que comprenden la construcción de edificios en altura de empresa del rubro de la construcción, en la Región Metropolitana, adherentes a Mutual de Seguridad C.Ch.C.

2.- INTRODUCCIÓN

La Organización Internacional del Trabajo, OIT, de acuerdo a sus estadísticas señala que un número importante de trabajadores anualmente sufren accidentes y enfermedades de origen laboral.

Estas provocan la pérdida de alrededor de 2 millones de vidas, cuyos costos para la economía global se estima, asciende a 1,25 trillones de dólares. Las estimaciones establecen que el costo de los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales representan aproximadamente el 4 por ciento del Producto Interno Bruto anual y esto seguiría en aumento, debido a la rápida industrialización de algunos países en vías de desarrollo.

Estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en varios países del mundo señalan que la silicosis es un problema vigente y en muchos de ellos se desconoce su verdadera prevalencia, es difícil tener una buena estadística de los casos que pudieran existir debido a las características de esta enfermedad, que en la mayoría de los casos necesita muchos

años de exposición, lo que podría generar un subdiagnóstico y subnotificación. Nuestro país no escapa a esta realidad mundial.

Considerando que esta enfermedad ocupacional es prevenible, la OMS y OIT en el año 1995 establecieron el Programa Global de Erradicación de la Silicosis en el mundo al año 2030. Es por esto que a través de una declaración conjunta realizada el 13 de Julio del año 2007, los Ministerio de Salud y del Trabajo, ratificaron el compromiso del Gobierno de Chile de trabajar para conseguir la Erradicación de la Silicosis al año 2030.

Como podemos visualizar, la silicosis es reconocida como uno de los problemas prioritarios de salud ocupacional en el mundo. Se trata de una enfermedad respiratoria crónica progresiva, que se caracteriza por una fibrosis pulmonar producida por la exposición a sílice, que conlleva a discapacidad permanente y pérdida de expectativas de vida, provocando la disminución de la calidad de vida, pudiendo incluso ser fatal. Esta enfermedad representa una carga importante para las economías de los países y sistemas previsionales en términos de ausentismo por enfermedad,

pérdida de días de trabajo, discapacidades, pago de subsidios y pérdida de mano de obra calificada.

Hasta hace algunos años la silicosis se asociaba solamente al mundo de la minería, si uno revisa la literatura existen muchos estudios que dan cuenta de eso, la información permite señalar que labores y áreas en las cuales pudieran estar expuestos a este agente. De acuerdo a las cifras entregadas por el Center for Disease Control and Prevention de los Estados Unidos (CDC) la industria que registra el mayor número de muertes certificadas por silicosis en trabajadores residentes en Estados Unidos de más de 15 años de edad entre los años 1990-1999 corresponde al rubro de la construcción. Esto datos nos señalan que con el correr de los años esta realidad ha ido cambiando, el rubro de la construcción a desplazado a la minería en la cantidad de trabajadores que sufren esta enfermedad y por lo tanto, la importancia de realizar estudios que permitan conocer la exposición de los trabajadores en esta actividad económica, de acuerdo a la a nuestra realidad y así contribuir como uno de los actores principales en la Seguridad y Salud Ocupacional para el cumplimiento de las metas establecidas por nuestro país.

¿Que es el polvo?

El polvo se define como una cantidad de partículas sólidas dispersas en el aire y producidas en un proceso físico de disgregación como por ejemplo la manipulación, molienda, trituración o desintegración y que se encuentra suspendido en el aire. El tamaño de las partículas es habitualmente inferior a 100 micrómetros.

El comportamiento del polvo, tanto en la atmósfera de trabajo como en el aparato respiratorio, se debe básicamente a sus características físicas como tamaño y forma y a su composición química, orgánica e inorgánica.

El tamaño es una propiedad física muy importante para determinar su toxicidad y determinar sus efectos sobre la salud de las personas.

Una porción importante del polvo emitido en este ambiente de trabajo corresponde a las partículas de tamaño respirable, de

diámetro menor de 10 micrómetros, llamado comúnmente "Fracción Respirable", señaladas así debido a que estas partículas pueden ingresar al aparato respiratorio, traspasar los mecanismos de defensa que este posee y penetrar profundamente en las vías respiratorias e instalarse en los alvéolos pulmonares, pudiendo causar daños importantes en la salud de las personas.

A medida que disminuye el tamaño de la partícula aumenta su grado de respirabilidad, de modo que las partículas menores de 2,5 micrómetros son 100% respirables. Las partículas menores de 0,5 micrómetros pueden traspasar los distintos mecanismos de defensa del tracto respiratorio, penetrar profundamente en las vías respiratorias e instalarse en los alvéolos pulmonares.

También, el tamaño de partícula determina su comportamiento en la atmósfera. Así, las partículas más pequeñas están afectas al movimiento browniano, en tanto que las partículas visibles son afectadas primeramente por fuerzas gravitacionales e inerciales.

El gráfico N°1 muestra el grado de respirabilidad de acuerdo al diámetro aerodinámico de partícula

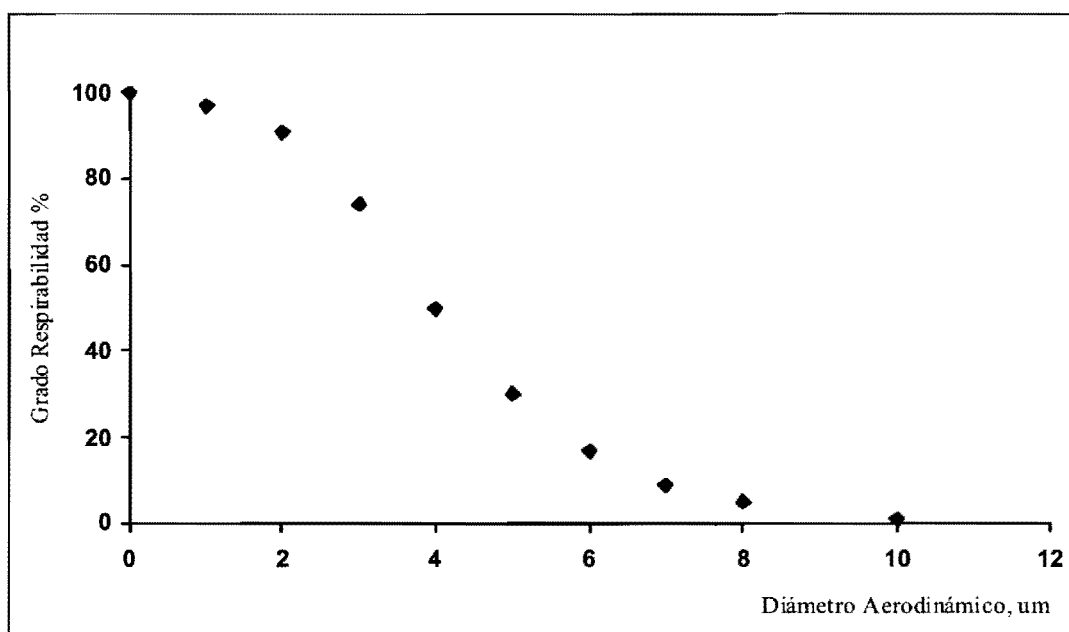


Grafico N°1. Grado de respirabilidad versus diámetro aerodinámico

Las partículas de mayor tamaño quedarán depositadas en vías aéreas altas, para ser eliminadas en un corto periodo de tiempo por el transporte mucociliar. Las partículas menores de 5 micrómetros alcanzan el saco alveolar, depositándose en su pared mediante fenómenos de difusión o sedimentación. Estas

pueden llegar al intersticio alveolar y quedar retenidas en ese lugar, siendo capaces de provocar la enfermedad pulmonar.

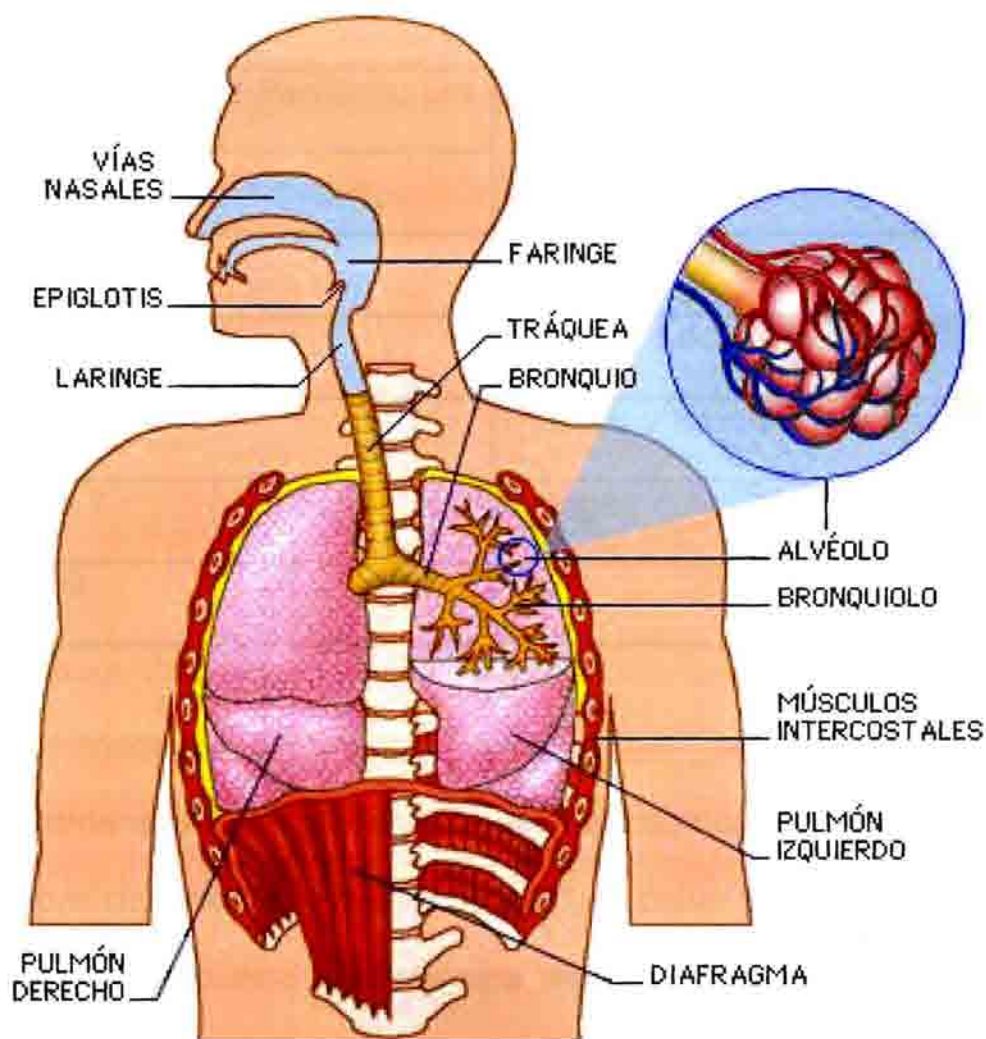


Figura N°1: sistema respiratorio.

Tabla N°1. Rango de tamaño de partícula versus ubicación en el tracto respiratorio

Rango de tamaño de Partícula, μm	Ubicación tracto respiratorio
$D_p \leq 1,1$	Alvéolo pulmonar
$1,1 < D_p \leq 2,1$	Bronquio Terminal
$2,1 < D_p \leq 3,3$	Bronquio Secundario
$3,3 < D_p \leq 4,7$	Traquea y Bronquios Primarios
$4,7 < D_p \leq 7$	Faringe
$7 < D_p < 10$	Nariz

Las enfermedades pulmonares causadas por la inhalación de polvos minerales o carbón en el lugar de trabajo se señalan con el nombre genérico de neumoconiosis. El polvo se acumula en los pulmones y puede producir una degeneración fibróticas del tejido pulmonar.

Las neumoconiosis se pueden clasificar en: silicosis, silicatosis (incluye asbestosis), neumoconiosis de los trabajadores del carbón y otras neumoconiosis.

El proceso de depósito de polvo en los pulmones es el resultado de un complejo proceso de inhalación, depuración y retención. El pulmón de un adulto, tiene una superficie alveolar de contacto con el ambiente de aproximadamente 70 m², se relaciona directamente cada día con un volumen de aire de más de 10.000 litros, que transporta múltiples agentes que potencialmente pueden provocar una enfermedad.

El aparato respiratorio constituye, pues, la mayor superficie de nuestro organismo en relación con el medio ambiente. Las partículas de polvo respirable, las de diámetro menor de 10 micrómetros, son capaces de ser arrastradas por la corriente aérea a través de la inhalación. Las partículas de mayor tamaño quedarán depositadas en vías aéreas altas, al impactar, debido a su inercia, contra las paredes de éstas. Estas partículas serán eliminadas en un corto periodo de tiempo el transporte mucociliar. Las partículas menores de 5 micrómetros que, por su pequeño tamaño, no han impactado por encima del bronquiolo terminal alcanzan el saco alveolar, depositándose en su pared, mediante fenómenos de difusión o sedimentación. La limpieza alveolar se efectúa a través de múltiples mecanismos, generalmente relacionados entre sí: movimiento de la capa fluida

que cubre la pared alveolar, fagocitosis de partículas por los macrófagos y arrastre hasta el transporte mucociliar y vía linfática.

Las partículas pueden llegar al intersticio alveolar y quedar retenidas en ese lugar. Serán éstas las capaces de provocar la enfermedad pulmonar.

El poder nocivo de la sílice cristalizada tiene relación con el tamaño de las partículas, la forma, el tiempo de exposición y concentración inhalada. Las partículas recientemente fracturadas son más activas y por lo tanto más agresivas.

La normativa nacional vigente en la Ley N°16.744 sobre accidentes del trabajo y Enfermedades Profesionales, en su artículo 7º, define enfermedad profesional "la enfermedad causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte". La silicosis es una enfermedad profesional en Chile.

¿Que es la silicosis?

La silicosis es una enfermedad respiratoria crónica grave, caracterizada por una fibrosis pulmonar causada por la inhalación de polvo respirable que contiene sílice libre cristalizada y que puede ser fatal. Esta es una de las enfermedades ocupacionales más antiguas y es la Neumoconiosis más conocida y extendida en el mundo.

Existen tres tipos de silicosis, las cuales dependerán del tiempo de exposición y las concentraciones presentes:

Silicosis crónica simple producida por exposiciones a largo plazo (más de 20 años) a bajas cantidades de polvo de sílice. En los pulmones y ganglios linfáticos del tórax, se forman nódulos de inflamación crónica y cicatrización provocados por el polvo de sílice. Esta enfermedad puede caracterizarse por la falta de aire y se puede asemejar a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) de los fumadores.

Silicosis acelerada se presenta después de la exposición a cantidades mayores de sílice en un plazo entre 5 y 15 años. La

inflamación, la cicatrización y los síntomas progresan más rápidamente en este tipo de silicosis que en la silicosis simple.

Otro aspecto importante que se debe considerar respecto de esta sustancia y que ha añadido un nuevo riesgo potencial en la exposición de los trabajadores, es lo que señaló la Agencia Internacional para la investigación del cáncer, IARC sigla en inglés. Esta agencia en 1987 clasificó a la sílice cristalina en el Grupo II, es decir, un probable carcinógeno. Nuevos estudios hicieron que esto fuera reevaluado y en el año 1997, fue reclasificada en el grupo I, esto es, como un carcinógeno, clasificación basada en la evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación y en humanos.

El Decreto Supremo N° 594 Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo de Chile, establece un límite permisible ponderado para la sílice cristalizada, en sus formas más comunes, cuarzo, cristobalita y tridimita, en 0,08; 0,04 y 0,04 mg/m³, respectivamente. El límite permisible ponderado se refiere a concentraciones de sustancias o niveles de energía razonables a los cuales los trabajadores pueden estar expuestos durante su jornada laboral de trabajo de

8 horas diarias, con un total de 48 horas semanales, sin sufrir molestias ni daños a su salud a lo largo de su vida laboral.

Es en este contexto, el 1 de abril del 2010 entró en vigencia el Protocolo de Vigilancia Ambiental y de Salud de Trabajadores respecto a Silicosis en el cual se establecen las obligaciones de vigilancia que deben cumplirlas las mutualidades, los derechos de los trabajadores y la fiscalización que debe realizar la autoridad sanitaria. En el caso de las mutualidades deben informar a la Autoridad Sanitaria Regional aquellas evaluaciones cuantitativas de sílice libre cristalizada, realizadas en sus empresas adherentes, en donde las concentraciones detectadas superan al límite permisible (Nivel de Riesgo 4) establecido en el Decreto Supremo N°594.

Justificación de la investigación.

Este trabajo fue realizado con trabajadores del rubro de la construcción que realizan edificación en altura en la Región Metropolitana, que pertenecen a empresas adherentes a MutuaL de Seguridad C.Ch.C. Se consideró este rubro y este tipo de

labor porque existía bastante desconocimiento por parte de los empleadores y trabajadores en general de la presencia de sílice libre cristalizada en diferentes procesos, tareas o puestos de trabajo y por lo tanto, de había exposición laboral a este agente.

Existen muchas empresas de este rubro por desconocimiento no se estaban cumpliendo a cabalidad la legislación vigente que señala en el artículo N° 21 del Decreto Supremo N°40, "Los empleadores tienen la obligación de informar oportuna y convenientemente a todos sus trabajadores acerca de los riesgos que entrañan sus labores, de las medidas preventivas y de los métodos de trabajo correcto. Los riesgos son los inherentes a la actividad de cada empresa, especialmente deben informar a los trabajadores acerca de los elementos, productos y sustancias que deban utilizar en los procesos de producción o en su trabajo, sobre la identificación de los mismos (fórmula, sinónimos, aspecto y olor), sobre los límites de exposición permisibles de esos productos, acerca de los peligros para la salud y sobre las medidas de control y de prevención que deben adoptar para evitar tales riesgos".

En otros casos se minimizaba la exposición laboral a este agente de riesgo, se pensaba que la exposición de los trabajadores de la construcción a sílice libre cristalizada podría ser temporal y que el riesgo de adquirir una enfermedad respiratoria como la silicosis, era mínimo. Si bien, esto podría resultar válido en trabajadores con baja especialización técnica, como jornales, que realizan este trabajo muchas veces de manera ocasional, en otros casos esto podría no ajustarse a la realidad cuando estamos en presencia de mano de obra especializada, la que realiza su trabajo y va cambiando de obra en obra, las empresas de la construcción en Chile han asumido la importancia de mantener sus equipo de trabajo, lo que conlleva otras cosas asociadas, en este caso, que los trabajadores mantenga una exposición a sílice libre cristalizada continua, la cual podría llegar a ser significativa través del tiempo.

A la fecha de realizada la investigación la Región Metropolitana registraba uno de los niveles más altos, desde la crisis financiera, en la construcción de proyectos de edificios, la que a partir de septiembre del año 2009, había llegado a su punto de inflexión, creciendo lenta pero sostenidamente. A junio de 2010,

con un total de 447 iniciativas, la construcción estuvo 5,7% por encima del número de proyectos registrados a diciembre del año anterior en las 37 comunas del Gran Santiago, cuando ascendían a 423 obras.



Figura N°2. Edificio en construcción.

Mutual de Seguridad es una empresa privada sin fines de lucro que administra la ley 16744 sobre accidentes y enfermedades

profesionales, que brinda asesorías especializadas a sus empresas adherentes en Seguridad y Salud Ocupacional. Dentro de su cartera de clientes se encuentra un número importante de empresas de la construcción a quienes fue dirigida esta investigación.

A través de los años se ha realizado asesorías en el ámbito de la higiene ocupacional, detectando, evaluando y controlando la exposición de los trabajadores a agentes químicos, físicos y biológicos, para ello cuenta con un Modelo de Atención en Higiene Ocupacional que consta de un programa de vigilancia ambiental el que permite detectar, evaluar y controlar la exposición de los trabajadores a diferentes agentes de riesgo higiénico y que pueden provocar enfermedades de tipo laboral, no solo realizando muestreos y/o monitoreo de estos agentes sino también observando los procesos, labores o tareas que se desarrollan en las empresas adherentes.

La atención de Higiene Ocupacional se inicia con la realización de una evaluación cualitativa hecha por profesionales de Mutual en conjunto con profesionales de la empresa, la cual consta de 16 hojas en que en cada una de ellas se realizan

diferentes preguntas relativas al proceso, las tareas realizada por los trabajadores, la información existente en la empresa, los cumplimientos legales, los trabajadores expuestos por grupo homogéneo de exposición, elementos de protección personal utilizados y sistemas de control utilizados, entre otros. Cada una de estas hojas contiene un número de preguntas para cada agente o familia en particular, la que es llenada utilizando si, no y no aplica. Esta lista de chequeo se completa revisando las instalaciones o áreas de trabajo. Cada una de estas hojas, por agente de riesgo higiénico, tiene un porcentaje de grado de cumplimiento que va de 0 a 100% y que dependerá del cumplimiento que tengan respecto a cada uno de los tópicos evaluados, entre ellos; legislación nacional, medidas de control ingenieril y/o administrativas.

La evaluación cualitativa permite realizar un reconocimiento previo de las actividades o tareas habituales y los tiempos ocupados en cada una de ellas. Establece cuales son los agentes de riesgo higiénicos, los puestos sobre los que estos existe influencia, los tipos de exposición, los grupos homogéneos de exposición, las medidas de control que tiene la empresa y cuales son las medidas de control primario que de forma inmediata

pueden ser implementadas, definidas en base al cumplimiento de las disposiciones legales vigentes y a las buenas prácticas de Higiene Ocupacional y que permiten controlar la exposición de los trabajadores en los casos que exista alguna deficiencia.

Además, de acuerdo a los resultados que arroja la evaluación cualitativa, en que la sola presencia de un agente de riesgo higiénico en el ambiente laboral, permite el ingreso de los trabajadores a los programas de vigilancia médica.

Después de realizada la evaluación cualitativa se envía el informe respectivo a la empresa. Si los resultados de ésta evaluación no logra un 80% del grado de cumplimiento, se considera que no se tiene un nivel de control razonable sobre los riesgos y en consecuencia de ello, la empresa debe implementar las recomendaciones emanadas para cumplir con la plataforma básica de control de riesgos.

Una vez que la empresa ha logrado un mínimo de 80% de cumplimiento en la evaluación cualitativa, se analiza la necesidad de efectuar evaluaciones ambientales de la exposición laboral, denominadas evaluaciones cuantitativas, las cuales se realizarán

solo si aún se aprecia la presencia del agente y se tiene la duda de si los mejoramientos han sido lo suficientemente efectivos para mantener la exposición por debajo del límite permisible.

La periodicidad de las evaluaciones cuantitativas estará en función de las variaciones que sufran las condiciones ambientales de trabajo, lo que implica que una condición de trabajo evaluada cuantitativamente no requerirá una re-evaluación mientras no exista un cambio en las condiciones de trabajo, manteniéndose, por lo tanto, vigente la evaluación original.

Sin perjuicio de lo anterior, en vista de que se necesario realizar estudios de los ambientes laborales regularmente, se considera apropiado repetir cada 3 años, las evaluaciones para reforzar el control de los riesgos laborales en las empresas.

Para realizar las evaluaciones cuantitativas en las empresas adherentes a Mutual de Seguridad, se estableció una matriz del grado de complejidad (alta, media o baja) que determina quien es el responsable de efectuar las evaluaciones en los ambientes de trabajo. Cuando el grado de complejidad es baja o en algunos casos puntuales es media, la evaluación cuantitativa debe ser

efectuado por un experto en prevención de riesgos. Cuando la complejidad es media o alta debe ser realizada por un higienista ocupacional.

También existe la posibilidad en la cual el experto en prevención de riesgos al realizar la visita a la empresa, considere que la evaluación cuantitativa del agente es preferible que sea realizada por un higienista ocupacional. Esta solicitud debe señalar el porqué de esta necesidad al jefe del Departamento de Higiene Ocupacional, a fin de tomar todas las medidas necesarias al respecto.

Para la elaboración de esta matriz de grados de complejidad se consideró el número de trabajadores expuestos al agente de riesgo higiénico, toxicidad del agente, tiempo de exposición y condición del área de trabajo (ej: la presencia del agente en espacio confinado o bajo techo).

El Experto en Prevención de Riesgos es el encargado y responsable de realizar el seguimiento de las recomendaciones efectuadas en los informes de evaluaciones, tanto cualitativas como cuantitativas, realizadas por el Departamento de

Prevención de Riesgos o por el Departamento de Higiene Ocupacional. Estos seguimientos comprenden la revisión del cumplimiento de las recomendaciones de control de riesgos emanadas en cada uno de estos informes de evaluaciones. De esta manera se verifica el mejoramiento de las condiciones de trabajo y del control de la exposición de los trabajadores.

Como se señaló anteriormente, en la construcción existen muchas actividades que se realizan que generan la emisión de material particulado que contiene sílice cristalizada, cuarzo, a la atmósfera de trabajo; entre dichas actividades podemos encontrar: corte y pulido de materiales, excavaciones, demoliciones, chancado y molienda de rocas, tronaduras, y en la elaboración de productos para la construcción.

Los resultados de este estudio nos permitirán determinar las áreas específicas de trabajadores expuestos a este compuesto y por lo tanto, permitirá focalizar los esfuerzos en las medidas preventivas de control de la exposición y aparición de nuevos casos de enfermedades respiratorias. Además, esta información permitirá mejorar el catastro elaborado para la comisión del



Programa de Erradicación Nacional de la Silicosis, y así lograr una adecuada prevención en los trabajadores expuestos.

3.- HIPÓTESIS DE TRABAJO

La determinación de la concentración de sílice libre cristalizada cuarzo en los diferentes puestos de trabajo de la construcción de edificios en altura, establecerá en cuales de ellos existe el mayor riesgo de exposición laboral.

4.- OBJETIVO GENERAL

Determinar las concentraciones de exposición a sílice libre cristalizada de los diferentes puestos de trabajo que existen en la construcción de edificios en altura.

5.- Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de exposición laboral a sílice libre cristalizada en los puestos de trabajo que existen en la construcción de edificios en altura.
- Determinar si existen diferencias en la exposición, para un mismo puesto de trabajo, de acuerdo a los diferentes estratos de empresas seleccionados.

- Comparar los diferentes métodos de control existentes para cada puesto de trabajo de acuerdo a las concentraciones encontradas.

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales

6.1.1.- Bomba de muestreo personal: es un instrumento portátil, compacto, con baterías recargables y que está diseñado para aspirar aire a un caudal constante y que presenta una variabilidad máxima de un $\pm 5\%$.

6.1.2.- Filtro de muestreo: es una membrana de cloruro de polivinilo, PVC, de 37 milímetros de diámetro y 5 micrómetros de tamaño de poro.

6.1.3.- Portafiltros: Conjunto de dos piezas de poliestireno u otro material compatible con el filtro y el equipo de muestreo conteniendo un soporte de celulosa. El diámetro del orificio de entrada de aire en el portafiltros será al menos de 4 milímetros para evitar el efecto pared.

6.1.4.- Ciclón: es un dispositivo que permite separar las partículas de tamaño respirable.

6.1.5.- línea de aire: Manguera de plástico o goma para conectar la bomba de muestreo personal con el ciclón de captación.

6.1.6.- El calibrador de burbuja o patrón primario: es un dispositivo electrónico que permite calibrar las bombas de muestreo a un flujo determinado. Posee una celda, con dos lectores ópticos, por donde viaja una burbuja de una solución jabonosa y así permite determinar el flujo de la bomba.

6.1.7.- Jarra de calibración: es un dispositivo especialmente diseñado que en su interior tiene un ciclón y que permite realizar la calibración del tren de muestreo para polvo respirable.

6.1.8.- Tren de Muestreo: conjunto compuesto por bomba de muestreo, manguera de conexión y cabezal de muestreo.

6.1.9.- Tapones de porta filtro: de color rojo y azul, son utilizados para tapar la entrada y salida del portafiltro y evitar la contaminación del filtro con muestra.

6.2 Métodos

Este trabajo fue realizado en conjunto entre la Gerencia de Investigación y Desarrollo de Mutual de Seguridad C.Ch.C., el Laboratorio de Química de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile y el Programa de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental de la Universidad de Chile.

La primera etapa de este trabajo consistió en seleccionar los puestos de trabajo de la construcción para realizar los muestreos, para ello, se hizo una recopilación y revisión de todos alrededor de 700 informes de evaluaciones cualitativas y 450 evaluaciones cuantitativas realizados por el Departamento de Higiene Ocupacional de Mutual de Seguridad C.Ch.C. en los cuales se detectó y/o fue determinada la concentración de polvo no clasificado fracción respirable y sílice libre cristalizada en los últimos cinco años de obras de la construcción situadas en la Región Metropolitana.



EVALUACIÓN CUALITATIVA

SÍLICE

EVALUACIÓN GENÉRICA DE CONTROL DE RIESGOS DE SÍLICE LIBRE

Empresa

N° Adherente

Área estudiada

N° de exámenes



Sustancias o Materiales Peligrosos	Presencia de la Sustancia (SI)	Observación
Cristobalita	☐	
Tridimita	☐	
Cuarzo	☐	
Sílice amorfa	☐	
Polvo de roca	☐	
Caliza	☐	
Granito	☐	
Cerámica	☐	
Arcilla	☐	
Porcelana	☐	
Ladrillos refractarios	☐	
Areña	☐	
Hormigón	☐	
Revestimiento refractario	☐	
Otro, (Sustancia con más de 1% de sílice libre)	☐	

Figura N°3. Evaluación cualitativa.

Además, se hizo una revisión bibliográfica de estudios científicos publicados en los últimos 5 años.

Con esta información se hizo un catastro de los diferentes puestos de trabajo donde existe la presencia o potencial presencia de polvo fracción respirable que contiene sílice libre cristalizada. Se tomaron solamente los valores de concentración

de sílice libre cristalizada que estuvieran sobre el límite de detección de la técnica analítica utilizada (IR).

La siguiente tabla muestra los puestos de trabajo identificados, en los cuales se detectó la presencia de sílice libre cristalizada, cuarzo.

Puesto o labores de trabajo

Desbaste de cielo

Corte de ladrillos

Corte de losas

Picado de muro

Limpieza de moldajes

Corte de granito

Desbaste de muros

Supervisor área

Aseador

Instalación de cerámica

Operador de Minicargador frontal

yesero

Jornal

Puesto o labores de trabajo

Operador de excavadora



Figura 4 y 5: Operadores martillo demoledor en diferentes actividades de la construcción.

Se hizo un muestreo estratificado, dividiendo a la población potencialmente expuesta en estratos y se seleccionó un mínimo de dos muestras para cada uno de los estratos seleccionados. Las obras de edificación en altura se seleccionaron de acuerdo al

número de trabajadores de cada una de las empresas constructoras, como sigue a continuación:

- Estrato N°1: empresas con trabajadores entre 1 y 100
- Estrato N°2: empresas con trabajadores entre 101 y 500
- Estrato N°3: empresas con trabajadores entre 501 y 1000
- Estrato N°4: empresas con trabajadores sobre 1000.

En el caso de las muestras ambientales de polvo no clasificado fracción respirable se utilizó el Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice elaborado por el Departamento de Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública (I.S.P.).(Anexo)

Las muestras colectadas se enviaron a laboratorios certificados ISO 17025 para determinar:

Concentraciones de polvo no clasificado fracción respirable y sílice libre cristalizada presente, tomadas en cada una de los puestos de trabajo seleccionados.

Para determinar la concentración de polvo no clasificado fracción respirable, se utilizó la técnica de gravimetría. Cada uno de los

filtros de membrana de cloruro de polivinilo de 37 milímetros de diámetro y 5 micrómetros de tamaño de poro fueron pesados antes y después de realizado el muestreo y por diferencia de pesada se conoció la cantidad de material particulado existente en el. Luego esta cantidad se divide por el volumen de aire que pasó a través del filtro y se determina la concentración de este agente en el ambiente laboral.

Para la determinación de sílice libre cristalizada se utilizó la técnica de análisis NIOSH 7602.

Se tomaron alrededor de 200 muestras de polvo fracción respirable, en un universo de aproximadamente 20 empresas.

En terreno fueron seleccionados los trabajadores en lo cuales se les instaló el tren de muestreo para polvo no clasificado fracción respirable, esto se hizo de acuerdo al procedimiento establecido, la información colectada en informes cualitativos y cuantitativos, la revisión bibliográfica y juicio de experto. Se seleccionó a los trabajadores que estuvieran más expuestos a estos agentes dentro del grupo de homogéneo de exposición al cual pertenecían. El grupo homogéneo de exposición corresponde a

trabajadores que realizan la misma actividad y que tienen similar exposición.

El tren de muestreo fue instalado, se encendió la bomba y fue anotado su nombre, grupo homogéneo, hora inicio y código del filtro, tratando que no existiera ningún interferente para el desarrollo normal de su labor. El instrumento fue instalado por un periodo no inferior al 70% de la jornada laboral. Las muestras fueron colectadas y almacenadas de acuerdo al protocolo y luego fueron enviadas a laboratorios certificados con el fin de determinar la concentración de polvo no clasificado fracción respirable y sílice libre cristalizada cuarzo.

Además se tomaron muestras de polvo sedimentado de algunas labores. Para ello con una espátula se recogió el polvo que estaba depositado en la ropa de los trabajadores y en los casos que fue posible de las herramientas utilizadas. Estas muestras fueron colectadas en bolsas plásticas limpias y rotuladas.



Figura N°6 . Muestreadores personales se instalaron en los trabajadores de acuerdo a puesto de trabajo.

Luego, en laboratorio para cada muestra se realizó una separación del polvo de acuerdo a su tamaño de partícula. Para ello se utilizó un tamizador con tres diferentes filtros que permitieran separar en partículas menores de 10 micrómetros, entre 10 y 75 micrómetros y entre 75 y 150 micrómetros.

Estas fracciones de cada muestra fueron enviadas a laboratorio y se determinó el porcentaje de sílice presente en cada una de ellas.



Figura N°7. Tamizador

Con toda la información obtenida se compararán los resultados de las concentraciones de polvo no clasificado fracción respirable y sílice libre cristalizada en los mismos puestos evaluados pero de diferentes empresas en un mismo estrato y entre los diferentes estratos de empresas, se determinó la media geométrica con su desviación estándar por cada puesto de trabajo en cada empresa, la media geométrica por puesto de trabajo por estrato con su respectiva desviación estándar.

En el caso de las muestras de polvo sedimentado en las diferentes fracciones se comparó el porcentaje de acuerdo al puesto de trabajo evaluado.

7.- RESULTADOS

La siguiente tabla muestra el puesto de trabajo, la media geométrica de la concentración de sílice libre cristalizada y la media geométrica de la concentración de polvo no clasificado fracción respirable.

Tabla N° 2. Puesto de trabajo versus la media geométrica de la concentración de Sílice Libre Cristalizada.

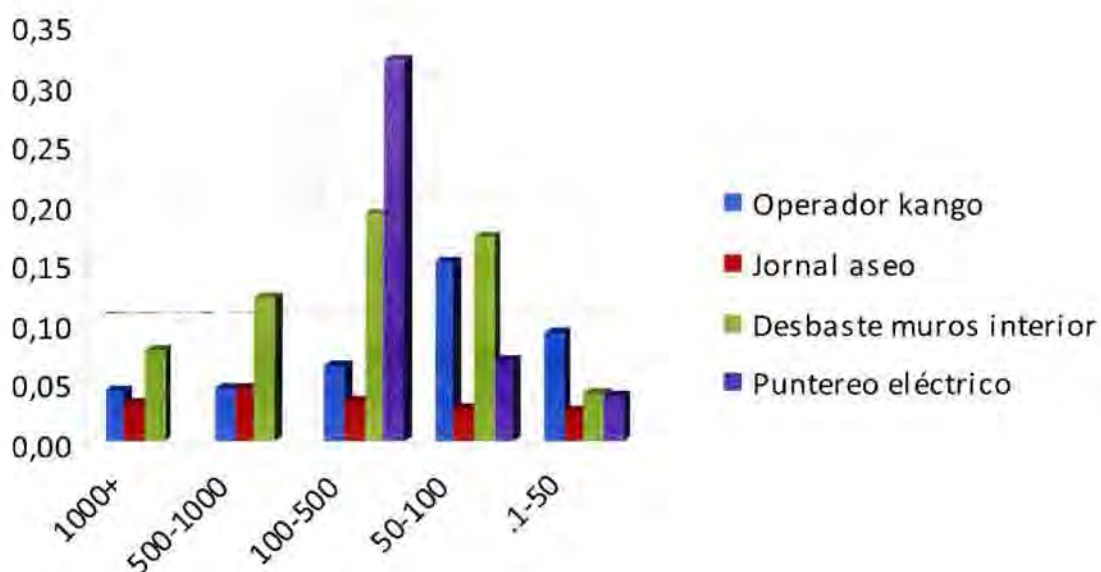
Puesto de trabajo	Media geométrica Concentración de SiO ₂ mg/m ³
Desbastador de cielo	1,15
Cortador internit	0,56
Cortador ladrillo	0,37
Picador muro usando Martillo demoledor (Kango)	0,27
Operador limpieza moldajes	0,23
Cortador de granito	0,17

Puesto de trabajo	Media geométrica Concentración de SiO ₂ mg/m ³
Desbastador de muros interior	0.16
Operador martillo demoledor (interior)	0,09
Supervisor área	0,09
Carpintero	0,086
Aseador	0,083
Operador sacado rebarba	0,080
Ceramista	0,07
Operador Minicargador frontal	0,064
yesero	0,063
picador manual	0,053
Operador martillo demoledor (exterior)	0,05
Jornal	0,04
Desbador muro exterior	0,04
Operador martillo demoledor (humectado)	<0,011

Puesto de trabajo	Media geométrica Concentración de SiO ₂ mg/m ³
Operador excavadora (humectada)	<0,010

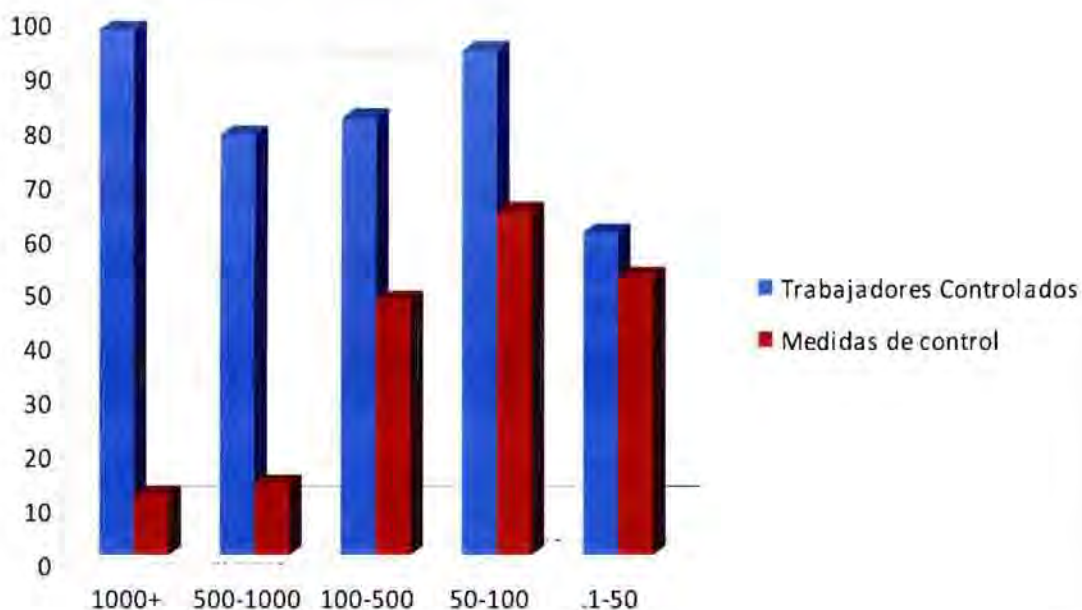
La tabla N°2 muestra que las mayores concentraciones de sílice libre cristalizada se encuentran en las actividades en donde se utilizan herramientas eléctricas y en todos los casos las concentraciones superaron la norma establecida en el decreto supremo N°594. Se observa además que si la actividad es realizada de manera manual, por ejemplo, picado de muros, las concentraciones de sílice libre cristalizada se encuentran por debajo el límite permisible y en los casos en que se utilizaba la humectación, las concentraciones eran muy bajas.

Gráfico N°2 concentración de sílice libre cristalizada de acuerdo a tamaño de empresa y labor desempeñada.



El gráfico N°2 muestra que las mayores concentraciones de sílice libre cristalizada se encuentran en el puntereo eléctrico y desbaste de muro (empresas de 100 a 500 trabajadores) cuando se realiza este análisis de acuerdo al tamaño de empresa. En las empresas de 1 a 50 trabajadores las mayores concentraciones se detectaron en los que utilizaban martillo neumático (operador kango).

Gráfico N°3. porcentaje de trabajadores controlados de acuerdo a tamaño de empresa.



El grafico N°3 muestra que las empresas entre 50 y 100 trabajadores son las que presentan el mayor porcentaje de medidas de control, eso no significa que la exposición de los trabajadores esté controlada. De acuerdo a la definición establecida por este trabajo, se considera que la exposición de los trabajadores estaba controlada cuando las concentraciones se encontraban bajo el límite permisible ponderado y/o cuando las concentraciones se encontraban sobre este límite, pero los trabajadores utilizaban máscara de protección respiratoria adecuada y en como establecía el fabricante. En el caso inverso de acuerdo a la definición de expuesto controlado las empresas

con más de 1000 trabajadores presentan el mayor porcentaje de trabajadores con su exposición controlada.

Tabla N° 3. Puesto de trabajo versus la media geométrica de la concentración de polvo fracción respirable.

Puesto de trabajo	Media Geométrica Concentración Polvo Respirable mg/ m ³
Desbastador de cielo	7,58
Cortador internit	4,01
Cortador ladrillo	1,58
Picador muro usando Martillo demoledor (Kango)	1,23
Operador limpieza moldajes	2,33
Cortador de granito	4,70
Desbastador de muros interior	2,03
Operador martillo demoledor (interior)	0,35
Supervisor área	0,25

Puesto de trabajo	Media Geométrica Concentración Polvo Respirable mg/ m ³
Carpintero	0,31
Aseador	0,39
Operador sacado rebarba	0,27
Ceramista	0,38
Operador Minicargador frontal	0,685
yesero	4,02
picador manual	0,95
Operador martillo demoledor (exterior)	0,42
Jornal	0,34
Desbador Muro exterior	0,45
Operador martillo demoledor (humectado)	<0,021
Operador excavadora (humectada)	<0,020

La tabla N°3 muestra que las mayores concentraciones de polvo fracción respirable se encuentran en las actividades en donde se

utilizan herramientas eléctricas. Actividades como desvaste de cielo, corte de internit, corte de granito y utilización de yeso las concentraciones superaron la norma establecida de $2,4 \text{ mg/ m}^3$ para 8 horas de trabajo, establecida en el decreto supremo N°594. Como en el caso de sílice libre cristalizada, en los casos que la labor se realizó de forma manual, las concentraciones promedio ponderadas se fueron menores a las realizadas con equipos eléctricos y cuando se utilizó humectación, estas también fueron menores.

La tabla N°4 muestra el puesto de trabajo y el porcentaje de sílice libre cristalizada en diferentes fracciones de polvo.

Puesto de trabajo	% de SiO ₂ fracción respirable	% SiO ₂ en fracción Menor de 75 µm	% SiO ₂ en fracción Entre 75 µm y 150 µm
Operador Kango 1	9.1	8.3	5.3
Operador Kango 2	7.0	5.6	5.1
Jornal Aseo	5.2	5.1	4.8
Cortador granito	2.6	3.4	3.2
Pulidor Muros	8.0	3.1	1.4
Jornal	7.1	6.7	6.3

La tabla N° 4 muestra el porcentaje de sílice libre cristalizada en diferentes fracciones del polvo sedimentado que fue posible recolectar en diferentes puestos de trabajo, si bien no existe norma en Chile, se observa que en las diferentes fracciones el porcentaje de sílice libre cristalizada se encuentra sobre 1%, lo que significa que es un polvo neumoconiogeno. En la mayoría de los casos en la fracción menor de 10 micrómetros, el porcentaje era mayor respecto de las otras fracciones evaluadas.

8. DISCUSIÓN

En el transcurso de los años se ido tomado conciencia de los problemas que provoca la exposición incontrolada a sílice libre cristalizada, diferentes actores se han sumado e involucrado en este tema, se han generado mesas de trabajo permanentes a nivel nacional y regional con la presencia de autoridades de gobierno, empresarios y trabajadores, como se señalo, nuestro país firmó un convenio internacional con el fin de erradicar la silicosis en Chile, asumiendo un compromiso en el cual se erradicaría la silicosis para el año 2030, para ello, ha implementado un número importantes de actividades, desde realizar encuestas por empresas con el fin de determinar en donde existe la presencia de este agente hasta la implementación el Protocolo de Vigilancia Ambiental y de Salud de Trabajadores.

Este trabajo pretende entregar información más detallada de los puestos de trabajo en donde está presente este agente. Si se revisa los componentes utilizados para la construcción, muchos de ellos contienen este agente químico y por lo tanto la mayoría

de los trabajadores que realizan sus labores en las diferentes etapas estarán expuestos a este agente.

Los resultados de este trabajo indican que las empresas han tomado conciencia de la presencia de este riesgo en esta actividad, en muchas de las evaluaciones realizadas los trabajadores contaban con alguna medida de control y esto era independientemente del tipo de empresa, los mandantes están solicitando a sus contratos y subcontratos que los trabajadores cuenten con medidas de control. En muchos casos la utilización de máscaras de protección respiratoria es parte de los elementos de protección personal que tienen que utilizar permanentemente.

Cuando se verificó el uso de máscaras de protección respiratoria, un porcentaje importante de trabajadores la utilizaba pero no en las condiciones señaladas por el fabricante, por otra parte, también se constataron casos en los cuales utilizaban correctamente este elemento de protección respiratoria, los filtros no eran para polvo.

El modelo de atención en higiene ocupacional implementado por MutuaL de Seguridad cuenta con un número importante de evaluaciones en sus empresas adherentes, esta información sirvió de base para la realización de este trabajo de investigación, nos permitió definir cuales eran las labores, actividades y trabajadores de acuerdo a sus grupos homogéneos, además nos permitió establecer la estrategia.

Como se señaló anteriormente la construcción es una actividad que en las últimas décadas ha experimentado cambios significativos en el proceso constructivo y por lo tanto, existen nuevas actividades que han provocado que existan mayores concentraciones de polvo y por lo tanto las concentraciones de sílice libre cristalizada en diferentes áreas

En los casos en los cuales las empresas sabían de la existencia de este polvo que contiene sílice libre cristalizada, pensaban que no existía riesgo de que sus trabajadores sufrieran una enfermedad profesional, esto debido a que la exposición de los trabajadores de la construcción a sílice libre cristalizada podría

ser temporal y que el riesgo de adquirir una enfermedad respiratoria como la silicosis, podría ser mínima.

Al revisar la información de trabajos científicos nacionales sobre evaluaciones de sílice libre cristalizada se observa que ha existido una mayor preocupación en los efectos que provoca este agente en la salud de los trabajadores que estudios que muestren la exposición laboral. Las evaluaciones a este agente se realizan fundamentalmente como parte de los programas de salud ocupacional de grandes y medianas empresas que tienen implementados sistemas de gestión, en programas de control que son realizados por los departamentos de higiene ocupacional de mutualidades o por solicitudes realizadas por las SEREMI de Salud a las empresas.

La silicosis es una enfermedad que puede ser evitable si se puede reducir la cantidad de polvo en el medioambiente de trabajo y por lo tanto la cantidad de polvo que penetra en los pulmones. Los conocimientos actuales sobre los efectos de esta enfermedad y los avances tecnológicos que permiten poner en práctica medidas de control pueden prevenir la progresión de la

enfermedad, sobre todo las formas agudas o aceleradas que están asociadas a una mayor exposición a polvo.

Existen diferentes métodos para controlar la exposición de los trabajadores a este agente químico y que pueden ser implementados en cada una de las áreas, tareas o labores. Estos métodos de control pueden actuar sobre la fuente de emisión como por ejemplo herramientas provistas de inyección de agua o cambio de materias primas, sobre el medio como por ejemplo cambio de layout, segmentación de áreas, ventilación general, o sobre los trabajadores, como por ejemplo utilización de elementos de protección personal o métodos administrativos.

Se puede utilizar alguno de los métodos de control descritos o una combinación de ellos, lo importante es que la exposición de los trabajadores esté controlada.

Considerando todo lo anterior, es importante que las empresas comuniquen a sus trabajadores los riesgos asociados a las labores que realizan para controlar la exposición a este tipo de agentes. También deben capacitarlos para que tomen conocimiento de las operaciones y tareas donde está presente la

sílice libre cristalizada y de las medidas para su control, amén de establecer un procedimiento de trabajo seguro.

Los trabajadores, por su parte, deben evitar el corte de ladrillos y baldosas en seco, utilizando como método de control la humectación, que es más económico para las empresas y fácil de implementar. Mientras que para la limpieza de las áreas de trabajo pueden usar métodos húmedos y de aspiración.

Existen, asimismo, puestos de trabajo donde la exposición al polvo de sílice se puede controlar perfectamente a través de medidas administrativas, como la segregación de tareas. En este caso se debe evitar que algunos trabajadores, como los carpinteros, que no están directamente expuestos a este agente, se desempeñen en lugares cercanos a su emisión.

Dadas las condiciones de trabajo en este rubro, en muchos casos resulta difícil la utilización de equipos de extracción localizada para disminuir las concentraciones del polvo con sílice cristalizada en la fuente de emisión. De ahí que se adopte como medida frecuente que los trabajadores expuestos utilicen una máscara de protección respiratoria con filtros para polvo P100.

Si bien dentro de los objetivos de este trabajo no era determinar si la población de trabajadores expuestos eran fumadores o no fumadores, ni tampoco se diseñó una encuesta para determinar ese efecto, al momento de la instalación de los equipos de muestreo, se le preguntó a los trabajadores muestreados si fumaban o no. Un 91% de los trabajadores fumaban a lo menos un cigarrillo al día, este tema es de real importancia debido a que muchos estudios científicos señalan que la exposición a sílice cristalizada más el hábito de fumar incrementa el daño en los pulmones.

9. CONCLUSIONES

- En la mayoría de los puestos evaluados existe la presencia de sílice libre cristalizada.
- Existen trabajadores que no trabajan directamente con materiales que contienen sílice libre cristalizada e igual están expuestos a respirar polvo con este agente químico.
- Las mayores concentraciones promedio de sílice libre cristalizada se detectaron en los puestos de trabajo donde existe un contacto directo con materiales que lo contienen y en donde se utilizan herramientas eléctricas.
- Existen diferencias entre las concentraciones promedio de sílice libre cristalizada, cuando se realiza la actividad en el interior de la obra o en exteriores, cuando se utilizan sistemas de extracción o cuando se humecta el material.
- La mayor cantidad de trabajadores en los cuales su exposición se encuentra controlada es en las empresas de más de 1000 trabajadores.

- Las empresas que tienen un mayor porcentaje de medidas de control son las empresas de 50 a 100 trabajadores.
- La medida de control más utilizada es la protección respiratoria.
- Al determinar las concentraciones porcentuales de sílice libre cristalizada de tres fracciones del polvo, los mayores porcentajes de sílice libre cristalizada se encuentran en la fracción respirable.
- Un porcentaje significativo de trabajadores de la construcción que fueron evaluados y que están en un ambiente con polvo con sílice libre cristalizada fuman al menos un cigarrillo al día.

10. BIBLIOGRAFÍA

CDC (Centers for Disease Control and Prevention) Silicosis deaths among young adults _ United States, 1968-1994. MMWR 47(16):331-335. 1998.

Ministerio de Salud. Decreto Supremo N° 594-1999: Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Ley N° 16744, "Normas Sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales", Chile.

NEPSI, Guía de buenas practicas para la protección de la salud del trabajador para la adecuada manipulación y uso de la sílice cristalina y de los productos que la contengan, 2006.
<http://www.nepsi.eu/download/Good%20Practice%20Guide%20-%20Spanish%20DISCLAIMER.pdf>

NIOSH Alert: Request for assistance in preventing silicosis and deaths from sandblasting. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service (PHS), Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, 1992, DHHS Publication No. 92-102. Formato pdf.

Archer, J., Cooper, G., Reist, P., Storm, J. and Nylander-French, L. 2002. Exposure to respirable crystalline silica in eastern North Carolina farm workers. *AIHA Journal*. 63(6): 750-755.

Castranova, V. and Vallyathan, V. 2000. Silicosis and coal worker's pneumoconiosis. *Environmental Health Perspectives*. 108 (4): 675- 684.

Cherry, N., Burgess, G., Turner, S. and McDonald, J. 1998. Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. *Occupational and Environmental Medicine*. 55: 779-785.

Cooper, G., Miller, F. and Germolec D. 2002. Occupational exposures and autoimmune diseases. International Immunopharmacology. 2: 303– 313

Medical Surveillance of Workers Exposed to Crystalline Silica, American College Of Occupational and Environmental Medicine: <http://www.acoem.org/guidelines.aspx?id=746>.

IARC Monograph. 1997. IARC Monograph on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol. 68: Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, "NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada", España, 2003.

Ramos, M, Presencia de contaminantes químicos en Diferentes Procesos Industriales", Higiene Industrial, Servicios de

Prevención IBERMUTUAMUR. 1992.
www.angelfire.com/nb/higiene/index/contaminates.pdf

Linch KD. Respirable concrete dust-silicosis hazard in the construction industry. Appl Occup Environ Hyg 2002; 17: 209-21.

Flynn,m., Susi, P. Engineering Controls for Selected Silica and Dust Exposures in the Construction Industry -- A Review Applied Occupational and Environmental Hygiene, 2003; Volume 18 N° 4 Pages 268 – 277.

Akbar-Khanzadeh, F., et al, Crystalline Silica Dust and Respirable Particulate Matter During Indoor Concrete Grinding - Wet Grinding and Ventilated Grinding Compared with Uncontrolled Conventional Grinding, Journal of Occupational and Environmental Hygiene; 2007; Volume 4 N° 10 Pages 770 – 779.

Mannetje T., et al, Exposure-response analysis and risk assessment for silica and silicosis mortality in a pooled analysis of six cohorts Occupational and Environmental Medicine 2002;59:723-728.

Hnizdo, E., Vallyathan V., Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence Occupational and Environmental Medicine 2003;60:237-243.

Campos, E, Propuesta de rediseño del programa nacional de vigilancia de accidentes del trabajo graves y fatales de la Dirección del Trabajo para apoyar la gestión preventiva institucional en el marco de la legislación laboral vigente, 2008, Universidad de Chile.

Carta, P., et al, Mortality from lung cancer among silicotic patients in Sardinia: an update study with 10 more years of follow up Occupational Environmental Medicine 2001;58:786-793.

Chen, P., et al, Respirable Dust Exposure and Respiratory Health in Male Taiwanese Steelworkers Industrial Health, 2006 Vol. 44, N° 1 pp.190-199.

Yingratanasuk, T., et al, Respiratory health and silica exposure of stone Carvers in Thailand, Int J. Occup. Environ Health, 2002; 8: 301-308.

Instituto de Salud Pública de Chile, departamento Salud Ocupacional y C.A. 2007 Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice Libre en su Fracción Respirable y de Polvo No Clasificado Total y Fracción Respirable.

NIOSH. 2002. Determination of Airborne Crystalline Silica. Hazard Review: Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica.

Norma Europea, Comité técnico CEN/TC 137. Evaluación de la exposición en el lugar de trabajo. EN 481:1993.

Parada, M., Aliste, V., Gil, R., Rodríguez, P., Fica, M., Herzog, C., Calabrán, L., y Undurraga, A. 2007. Silicosis y trasplante pulmonar. Revista Chilena Enfermedades Respiratorias. 23: 99-105.

Parks, C., Cooper, G., Nylander-French, L., Storm, J. and Archer J. 2003. Assessing Exposure to Crystalline Silica from Farm Work: A Population-based Study in the Southeastern United States. Annals Epidemiology. 13(5): 385-392.

Consejo Nacional de Seguridad. "Boletín Informativo N°7". 2005.



Mutual de Seguridad C.CH.C. "Aplicación de Técnicas Preventivas". Cuarta Edición, páginas 14, 10, 36. 2002.

Johnson, David W. Los nuevos círculos del aprendizaje: la cooperación en el aula y la escuela. Buenos Aires: Aique, 1999.

<http://www.e-construccion.cl/2010/07/18/cinco-comunas-concentran-casi-60-de-los-proyectos-de-edificios-en-construccion-en-el-gran-santiago-a-junio/>.

Enciclopedia OIT de Higiene y Salud Ocupacional. www.ilo.org

Organización Mundial de la Salud, Límites de exposición profesional recomendados por razones de salud para algunos polvos minerales (sílice y carbón), 1986.

ANEXOS

INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE

DEPARTAMENTO SALUD OCUPACIONAL Y C.A.

Protocolo para la Toma de Muestra de Sílice Libre en su Fracción Respirable y de Polvo No Clasificado Total y Fracción Respirable

1.- OBJETIVO

Establecer una metodología estandarizada para la toma de muestras de sílice libre cristalizada en fracción respirable y de polvo no clasificado total y en fracción respirable.

2.- CAMPO DE APLICACIÓN

Este protocolo se podrá aplicar a las siguientes situaciones:

- a) Verificación de cumplimiento del límite permisible ponderado para sílice libre cristalizada en fracción respirable.
- b) Verificación de cumplimiento de l límite permisible ponderado para polvo no clasificado total y fracción respirable.

- c) Estudios epidemiológicos de exposición y programas de vigilancia ambiental.
- d) Verificación de eficacia y eficiencia de medidas de control.

3.- FUNDAMENTO

El D.S. N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, establece en su artículo 66 los límites permisibles ponderados (L.P.P.):

Sustancia L.P.P. (1) (mg/m³)

Cuarzo 0,08 (2)

Cristobalita 0,04 (2)

Tridimita 0,04 (2)

Polvo No Clasificado Total 8,0

Polvo No Clasificado Fracción Respirable 2,4

OBS.:

(1) Límite para jornada de 48 horas semanales y hasta 1000 metros sobre el nivel del mar.

(2) Fracción Respirable.

4.- TERMINOLOGÍA

4.1. Cabezal de Muestreo: dispositivo en el que quedan retenidas las partículas durante un muestreo.

4.2. Ciclón: dispositivo utilizado para separar las partículas de tamaño respirable.

4.3. Filtro PVC: filtro de cloruro de polivinilo.

4.4. Grit Pot: accesorio del ciclón ubicado en la parte inferior de éste, en el que se depositan las partículas que no son de tamaño respirable.

4.5. Tren de Muestreo: conjunto compuesto por bomba de muestreo, manguera de conexión y cabezal de muestreo.

4.6. Vortex: punto de ingreso del aire con partículas a un ciclón.

5.- MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

a) Filtro PVC 37 mm de diámetro, 5 mm de tamaño de poro, montado en un cassette o portafiltro de dos partes de 37 mm de diámetro.

b) Ciclón de nylon de 10 mm.

c) Bomba de muestreo portátil.

d) Mangueras y pinzas de sujeción.

e) Calibrador.

f) Jarra para calibración de tren de muestreo con ciclones.

6.- PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

6.1.- Para Sílice Libre Cristalizada y Polvo No Clasificado, ambos en Fracción Respirable.

6.1.1 Calibración Inicial del Tren de Muestreo.

a) Armar el tren de muestreo compuesto por a), b), c) y d) de número 5. Se deberá tener presente que el cassette deberá estar montado en el ciclón. Previo a la calibración, remover el "grit pot" del ciclón antes de su uso e inspeccionar meticulosamente el interior del ciclón. Limpiar en caso que se observe suciedad para prevenir el arrastre de partículas de gran tamaño. Si visiblemente el interior está rasgado o presenta muescas, el ciclón deberá desecharse para el muestro ya que las propiedades de separación de partículas podrían verse alteradas.

b) Previo a la calibración, verificar si el tren de muestreo presenta fugas.

c) Calibrar cada uno de los trenes de muestreo que se van a utilizar para un caudal de 1,7 l/min. Para esta calibración se utilizará una jarra diseñada especialmente para trenes de muestreo que incluyen ciclones.

d) Registrar en fichas diseñadas para la calibración y muestreo, la identificación de la bomba, de la muestra y del ciclón. Además, cada una de las calibraciones parciales y la calibración promedio inicial.

e) Utilizar en la calibración un portafiltro con su respectivo filtro destinado única y exclusivamente para estos efectos.

6.1.2.- Muestreo.

a) En caso de un muestreo de tipo personal, colocar el tren de muestreo al trabajador elegido cuidando que el cabezal de muestreo quede lo más cercano posible a la altura de su zona respiratoria, en posición vertical con el vortex.

b) Si el muestreo es de tipo ambiental, ubicar el tren de muestreo en el sitio o lugar de interés colocando el cabezal a una altura equivalente a la zona respiratoria, teniendo los mismos cuidados descritos en la letra a) precedente.

c) Antes de iniciar el muestreo, cada muestra o lote de muestras deberá acompañarse de un testigo o blanco (tomado en el o los lugares de montaje del tren de muestreo) el cual ha sido sometido a las mismas manipulaciones, excepto que no se ha pasado aire a través de él. Informar al trabajador (si es un muestreo de tipo personal) o a los trabajadores involucrados en el área a evaluar (muestreo de tipo ambiental) de cuales son los propósitos del muestreo y los cuidados que deberán tener con respecto al tren de muestreo.

d) Iniciar el muestreo poniendo la bomba en funcionamiento. Anotar la hora de inicio y la persona o sitio evaluado. En caso de ser una muestra de tipo personal que tenga como propósito la verificación de cumplimiento del Límite Permisible Ponderado, se considerará como representativa la muestra si el período de muestreo alcanza, al menos, el 70% de la jornada de trabajo.

e) Durante el muestreo, vigilar periódicamente que la bomba funciona correctamente, que el sistema permanece correctamente ensamblado, que el ciclón permanezca en posición vertical y que no se ha producido un estrangulamiento de la manguera. En caso que se aprecien anomalías, proceder a anular la muestra. Además, siempre, cualquiera sea el tipo de muestreo, se deberán registrar las condiciones ambientales y de trabajo.

f) Transcurrido el tiempo de muestreo, detener el funcionamiento de la bomba y anotar la hora de término.

6.1.3.- Transporte.

a) Los portafiltros deberán retirarse del ciclón en el sitio donde los trenes de muestreo fueron montados o en el laboratorio donde van a ser analizados. Por lo tanto, el transporte de los trenes de muestreo desde el sitio de evaluación hasta el lugar de

montaje del tren de muestreo o al laboratorio de análisis, deberá realizarse en un contenedor cuidando de mantener siempre el ciclón en posición vertical.

b) Los portafiltros se deberán llevar en un contenedor de uso exclusivo para estos efectos, que permita mantenerlos fijos impidiendo el contacto físico entre ellos. El transporte deberá realizarse de manera que las superficies del filtro siempre permanezcan paralelas a la horizontal.

6.1.4.- Calibración Final del Tren de Muestreo.

a) Utilizar en esta calibración el mismo portafiltro que se usó en la calibración

inicial, calibrando todos los trenes de muestreo utilizados.

b) Registrar en la misma ficha señalada en la letra d) de 6.1.1, cada una de las calibraciones parciales, la calibración promedio final, el caudal de muestreo y el volumen y tiempo de muestreo.

c) El caudal de muestreo corresponderá al promedio aritmético entre caudal el promedio inicial y el caudal promedio final. Con todo, la diferencia entre estos dos caudales no deberá superar el 5%.

6.1.5.- Volumen de Muestreo.

El volumen de muestreo tiene directa relación con el caudal específico de muestreo y el tiempo de muestreo. Sin embargo, cuando existan altas concentraciones en el ambiente, el volumen total de muestreo se podrá alcanzar tomando más de una muestra, para evitar la colmatación de los filtros. En esta última situación, para cada una de las muestras deberá tenerse presente el límite inferior de cuantificación, dependiendo de la técnica analítica.

6.2.- Para Polvo No Clasificado Total.

6.2.1.- Calibración Inicial del Tren de Muestreo.

- a) Armar el tren de muestreo compuesto por a), c) y d) de número 5.
- b) Previo a la calibración, verificar si el tren de muestreo presenta fugas.
- c) Calibrar cada uno de los trenes de muestreo que se van a utilizar para un caudal de entre 1,5 l/min y 2,0 l/min.
- d) Registrar en fichas diseñadas para la calibración y muestreo, la identificación de la bomba y de la muestra, cada una de las calibraciones parciales y la calibración promedio inicial.

e) Utilizar en la calibración un portafiltro con su respectivo filtro destinado única y exclusivamente para estos efectos.

6.2.2.- Muestreo.

a) En caso de un muestreo de tipo personal, colocar el tren de muestreo al trabajador elegido cuidando que el cabezal de muestreo quede lo más cercano posible a la altura de su zona respiratoria, con el filtro en posición horizontal o ligeramente inclinado hacia abajo.

b) Si el muestreo es de tipo ambiental, ubicar el tren de muestreo en el sitio o lugar de interés colocando el cabezal a una altura equivalente a la zona respiratoria, teniendo los mismos cuidados descritos en la letra a) precedente.

c) Seguir los pasos c) a f), descritos en 6.1.2, teniendo en cuenta que en este caso no se utiliza el ciclón.

6.2.3.- Transporte.

Los portafiltros se deberán llevar en un contenedor de uso exclusivo para estos efectos, que permita mantenerlos fijos impidiendo el contacto físico entre ellos.

El transporte deberá realizarse de manera que las superficies del filtro siempre permanezcan paralelas a la horizontal.

6.2.4.- Calibración Final del Tren de Muestreo.

- a) Utilizar en esta calibración el mismo portafiltro que se usó en la calibración inicial, calibrando todos los trenes de muestreo utilizados.
- b) Registrar en la misma ficha señalada en la letra d) de 6.2.1, cada una de las calibraciones parciales, la calibración promedio final, el caudal de muestreo y el volumen y tiempo de muestreo.
- c) El caudal de muestreo corresponde rá al promedio aritmético entre caudal promedio inicial y el caudal promedio final. Con todo, la diferencia entre estos dos caudales no deberá superar el 5%.

6.2.5.- Volumen de Muestreo.

El volumen de muestreo tiene directa relación con el caudal específico de muestreo y el tiempo de muestreo. Sin embargo, cuando existan altas concentraciones en el ambiente, el volumen total de muestreo se podrá alcanzar tomando más de una muestra, para evitar la colmatación de los filtros. En esta última situación, para cada una de las muestras deberá tenerse presente el límite inferior de cuantificación de la técnica analítica gravimétrica.

7.- CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE MUESTREO

En caso que el muestreo tenga como finalidad verificar el cumplimiento del límite permisible ponderado, este deberá ser de tipo personal y durar como mínimo el 70% de la jornada de trabajo.

8.- LIMITACIONES

Para el caso de Polvo No Clasificado, este deberá entenderse como:

- a) Aquellos aerosoles sólidos que no cuentan con límites permisibles establecidos en el D. S. N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud.
- b) Aquel que es insoluble o poco soluble en agua.
- c) Polvo exento de asbesto y con menos de un 1% de sílice libre cristalizada.

10.- REFERENCIAS

10.1 Ministerio de Salud; “Decreto Supremo Nº 594, de 1999: Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”.

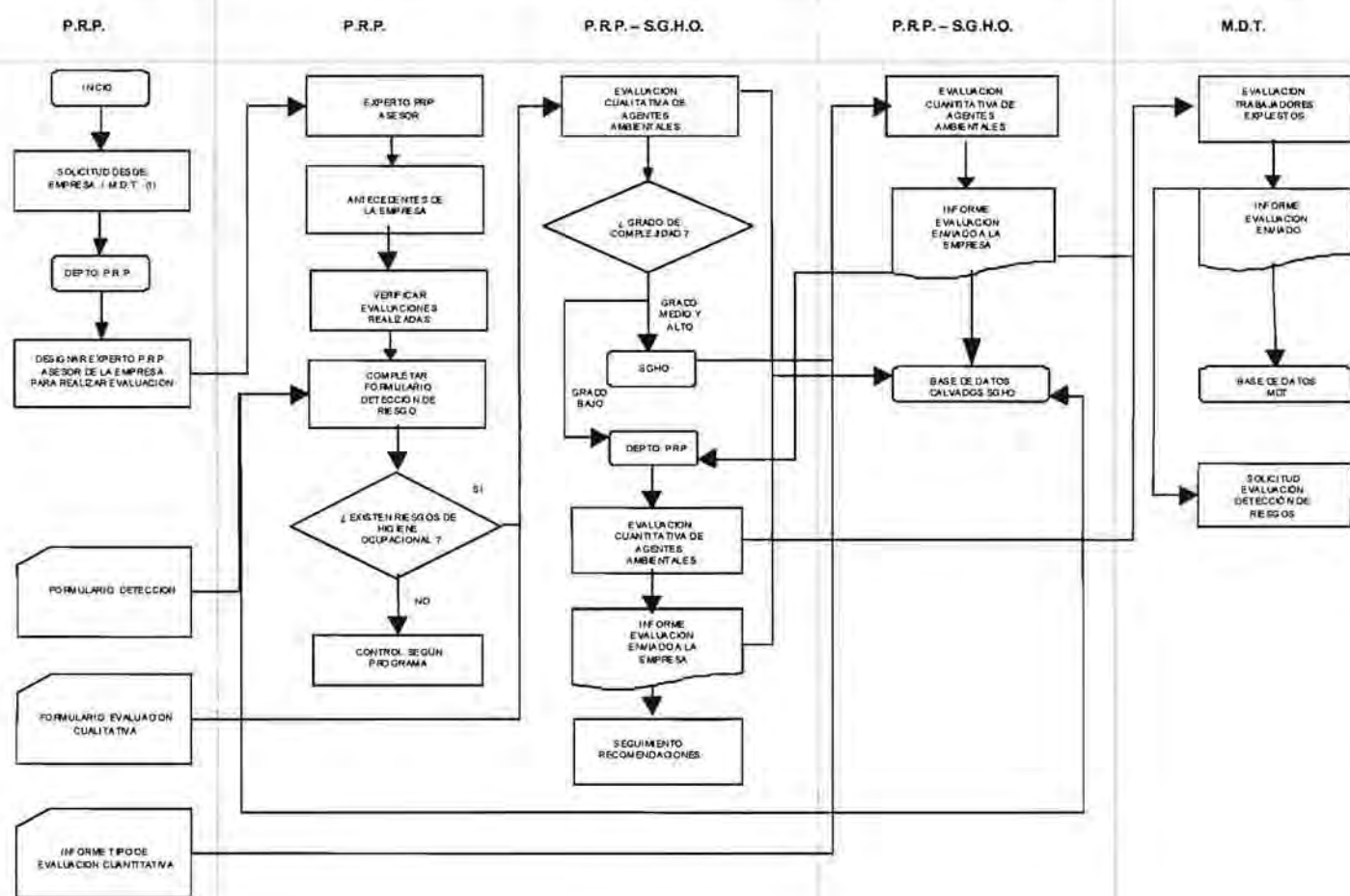
10.2 Instituto de Salud Pública, “Manual Básico Sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional”, 1997.

10.3 Generalitat Valenciana – ACGIH; TLVs y BELs 2004.

10.4 National Institute for Occupational and Safety Health (NIOSH). Métodos Analíticos Nº 0500, 0600, 7500, 7601, 7602.

(Tung-Sheng et al, 2007; Maxim et al, 1998; Cooper et al, 2002)
(MINSAL-MINTRAB, 2008).

Flujograma Modelo Atención Higiene Ocupacional



Matriz de niveles de complejidad

Agente	Baja	Media	Alta
Neumoconiógenos			
Sílice libre cristalizada			SI
Asbesto			SI
Fibras vidrio o lana mineral		SI	SI (Espacios confinados)
Negro de Humo		SI	SI (Espacios confinados)
Talco no fibroso		SI	SI (Espacios confinados)
Algodón Crudo		SI	SI (Espacios confinados)
Metales			
Humos de soldaduras		SI	SI (Espacios confinados)
Humos de fundición		SI	SI (Espacios confinados)
Polvo de Metales		SI	SI (Espacios confinados)
Arsénico			SI
Plomo			SI
Mercurio			SI
Solventes			
Vapores Orgánicos de pinturas o pegamentos, Alcoholes, Cetonas		SI	SI (Espacios confinados)
Monómero de Estireno		SI	SI (Espacios confinados)
Ruido	SI (Exptos<=30 y Ruido Estable)	SI (Exptos>30 o Ruido Fluctuante o de Impactos)	SI (Empresa metalmecánica y maderera)
Asma Bronquial			
Polvo de granos		SI	SI (Espacios confinados)
Polvo de maderas		SI	SI (Espacios confinados)
Aldehidos		SI	SI (Espacios confinados)
Oxido de etileno		SI	SI (Espacios confinados)