UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION- REY BALDUINO DE BELGICA

EVALUACIÓN DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE PARTÍCULAS DE PLOMO EN PROCESO DE ESCORIADO DE TINAS EN EMPRESA METALMECÁNICA

Trabajo de Titulación para optar al Título de TÉCNICO UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Alumno:
Karina Alejandra Arriagada Recabal

Profesor Guía:
Víctor Lizama Molina

2018

Resumen

La Organización Mundial de la Salud define el concepto de “Salud” como “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”[1].

Es fundamental comprender la amplitud de la definición de “Salud”, pues habla de un completo bienestar de la persona, bienestar por el cual se debe velar en todos los ámbitos de la vida, tanto en lo personal como en lo laboral.

En el ámbito laboral, los responsables legales de velar por la salud y seguridad de los trabajadores, son los empleadores. Para eso, deben valerse de la Prevención de Riesgos Laborales, cuyo enfoque calza perfecto con la obligación del empleador, evitar accidentes y enfermedad profesionales.

La enfermedad profesional es aquella causada de manera directa por el ejercicio de una profesión o trabajo que realice una persona, y que puede provocar incapacidad o muerte. La constante exposición a determinados factores de riesgo en los puestos de trabajo, el tiempo de exposición, así como la susceptibilidad personal, son aspectos que influyen en el desarrollo de una patología laboral.

Para evitar enfermedades, es necesario que los empleadores adopten todas las medidas adecuadas para proteger la salud de los trabajadores, sobre todo si se trata de sustancias de alta toxicidad, entendiéndose por toxicidad la capacidad de una sustancia para provocar efectos dañinos en el organismo.

Una sustancia de alta toxicidad, cuyo uso fue muy común hace décadas atrás en gasolinas, pinturas, juguetes entre otros productos es el Plomo. El plomo es uno de los cuatro metales pesados que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana, junto al mercurio, cadmio y cobre.

Esta sustancia es utilizada en el proceso productivo de una empresa Metalmecánica ubicada en la Región del Bío Bío, como recubrimiento del alambrón, aportando a obtener las propiedades físicas y químicas requeridas por el cliente.

Si bien, se maneja con precaución la sustancia, siempre es posible mejorar en aspectos de seguridad, es por eso que, en el presente documento, se evaluará el Sistema de extracción de Partículas de Plomo en el proceso de Escoriado de Tinas de Plomo. En este proceso, se trabaja con el plomo líquido, lo que significa utilizar altas temperaturas en las líneas de producción.

Para la Evaluación del Sistema de Extracción, primero será necesario conocer la sustancia que se está tratando, que propiedades y características tiene, las vías de ingreso al cuerpo humano, los efectos que produce luego de ingresar al organismo, segundo, se deberá conocer el proceso que se realiza en las tinas durante la evaluación, de forma que se generen recomendaciones adecuadas para generar recomendaciones técnicas que aporten a mejorar la

[1] (Organización Mundial de la Salud, 2018)

eficiencia del sistema de extracción, en caso de ser necesario, y también proponer mejoras al actual procedimiento de escoriado de tinas.

índice

Resumen ... 2

Introducción ... 6

Objetivos ... 7

Objetivo General ... 7

Objetivos Específicos ... 7

Capítulo 1: Recopilación de antecedentes para la labor de escorado de Plomo ... 8

1.1 Caracterización de la Sustancia utilizada ... 8

1.2 El Plomo en la Historia ... 8

1.3 Vías de Exposición ... 9

1.4 Absorción del Plomo en el Organismo ... 10

1.5 Efectos en el organismo ... 11

1.6 Síntomas asociados a la toxicidad del Plomo ... 12

1.7 Efectos sobre el Medio Ambiente ... 13

Capítulo 2: Antecedentes legales que regulan trabajos con Plomo ... 15

2.1 Constitución Política de la República ... 15

2.2 Código del Trabajo ... 15

2.3 Ley 16.744, Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales ... 15

2.4 Ley 20.123, Regula trabajo en Régimen de Subcontratación, el Funcionamiento de Empresas de Servicios Transitorios y el Contrato de Trabajo de los Servicios Transitorios. ... 16

2.5 Ley 19.300, Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente ... 17

2.6 Decreto 136, Establece Norma de Calidad Primaria para Plomo en el Aire ... 17

2.7 Guía para la Evaluación Cuantitativa de Sistemas de Ventilación Localizada, Instituto de Salud Pública de Chile ... 17

Capítulo 3: Evaluación del Sistema de extracción de partículas de Plomo ... 19

3.1 Fundamentos de Ventilación Industrial ... 19

3.2 Ventilación Localizada ... 19

3.3 Componentes de un sistema de Ventilación Localizada ... 19

3.3.1 Aplicaciones ... 21

3.3.2 Ventilación como herramienta para la Seguridad Industrial ... 21

3.3.3 Proceso productivo en las Líneas a evaluar ... 22

3.3.4 Proceso de escoriado de Tinas ... 23

3.3.5 Procedimiento de Escoriado de Tinas de Plomo ... 23

3.3.5.1 Criterio de Limpieza ... 23

3.4.5.1 Equipos y herramientas de limpieza ... 23

3.4.5.2 Maniobra de Limpieza ... 23

3.4.6 Metodología de evaluación ... 24

3.5 Descripción del Equipo ... 25

3.6 Descripción del área a evaluar ... 26

3.7 Resultados de la evaluación ... 27

3.8 Análisis de resultados ... 27

Capítulo 4: Recomendación técnicas para mejorar la eficiencia del sistema de extracción ... 29

4.1 Captación lateral del contaminante ... 29

4.2 Acercar las campanas a las tinas para captar el contaminante desde su generación ... 29

4.3 Limpieza del filtro ... 29

4.4 Programación de Medidas de Control 30
Capítulo 5: Propuesta de mejora al actual procedimiento de escoriado de tinas 31
5.1 Incluir el uso del equipo Respirador Jupiter 3M en el Procedimiento 31
5.2 Sellar tolvas contenedoras de escoria 32
Conclusión 33
Anexos 34
Anexo 1: "Tasa de Datos de Accidentes del Trabajo y Número de Accidentes del Trabajo. Mutualidades 2006 – 2017" 34
Anexo 2: "Tasa de Enfermedades Profesionales y Número de Enfermedades Profesionales detectadas. Mutualidades 2006 – 2017" 35
Anexo 3: "Diagrama de Proceso Productivo de la línea 40 H – 1" 35
Anexo 4: "Marcas de Muestreo en el Extractor de la Línea 40 – H1" 36
Anexo 5: "Tabla de Promedio de Velocidades registradas durante el Muestreo" 36
Anexo 6: "Modelo de Extracción Lateral de Contaminante" 37
Anexo 7: "Procedimiento de Uso de Equipo de Protección Respiratoria Marca 3M, System Versaflo M-400 más Turbocompresor de Aire" 38
Bibliografía 39

Introducción

En Chile se ha ido impulsando cada vez con más fuerza la legislación pertinente a la salud y seguridad de los trabajadores. Evidencia clara de esta situación fue la actualización de la Política Nacional de Salud y Seguridad en el trabajo el año 2016, buscando priorizar las medidas preventivas por sobre de las medidas de protección y así beneficiar a la totalidad de fuerza de trabajo en el país. Teniendo objetivos claros y específicos, disminuir los accidentes laborales y enfermedades profesionales, es que se busca un cambio cultural que permita avanzar más rápido en la prevención de riesgos.

Durante 2017 se produjeron 170.063 accidentes del trabajo (disminución de 3,8% respecto de 2016) y 54.640 accidentes de trayecto (disminución de 0,4% respecto de 2016). Desde el año 2012 se observa una progresiva reducción de los accidentes del trabajo, mientras que los accidentes de trayecto aumentaron en 2015 y 2016, y disminuyeron levemente en 2017. Si se toman en consideración los últimos 5 años, se aprecia una disminución promedio al año de 3,8% en el número de accidentes del trabajo (periodo 2013-2017) y un aumento promedio al año de 3,4% en los accidentes de trayecto (periodo 2013-2017)[2] [3].

Pero en el plano de las enfermedades profesionales, el panorama no es similar, pues dentro de los datos aportados por la SUSESO, durante el año 2017 se diagnosticaron un total de 8.942 enfermedades profesionales, lo que representó un aumento de 24% respecto de 2016 (Figura 15). Por otro lado, la tasa de enfermedades profesionales fue de 0,18 enfermedades profesionales por cada 100 trabajadores protegidos, un aumento de 21% respecto de 2016[4] [5].

La industria moderna en la actualidad, con la complejidad de sus procesos y operaciones, utiliza una gran variedad de compuestos químicos y sustancias que en su mayoría son altamente tóxicas para la salud de sus operarios.

Es por eso que el enfoque de la presente Evaluación del sistema de extracción de Partículas de Plomo en proceso de escoriado de tinas, es orientado a mejorar las condiciones laborales en las que operan los trabajadores de dicha área. Considerando que se ven expuestos a sustancias tóxicas que pueden provocar daño en la salud de las personas. Una de esas sustancias es el Plomo, metal gris azulado, que, si bien no es comprobadamente cancerígeno para el ser humano, produce daños al Sistema Nervioso Central y Periférico, Huesos y otros órganos del cuerpo, aportando a la disminución de la exposición laboral a estos compuestos peligrosos, velando por la salud y la seguridad de todos los trabajadores.

[2] (Superintendencia de Seguridad Social, 2018)
[3] Tabla de Datos de Accidentabilidad disponible en Anexos: Anexo 1"Tasa de Accidentes del Trabajo y Número de Accidentes del Trabajo. Mutualidades 2006 – 2017"
[4] (Superintendencia de Seguridad Social, 2018)
[5] Tabla de Datos de Enfermedades Profesionales disponible en Anexos: Anexo 2 "Tasa de Enfermedades Profesionales y Número de Enfermedades Profesionales detectadas. Mutualidades 2006 – 2017"

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el Sistema de Extracción de Partículas de Plomo durante el proceso de Escoriado de Tinas en empresa Metalmecánica de la Región del Bío Bío.

Objetivos Específicos

1) Recopilar antecedentes respecto de la actividad de escoriado de tinas de Plomo en empresa Metalmecánica.
2) Evaluar cuantitativamente el Sistema de extracción de Plomo del proceso de escoriado.
3) Establecer propuestas de mejora al actual procedimiento de escoriado de tinas para la captura de Plomo.

Capítulo 1: Recopilación de antecedentes para la labor de escorado de Plomo

1.1 Caracterización de la Sustancia utilizada

El Plomo es un elemento químico, cuyo símbolo en la tabla periódica es el "Pb". Ubicado en la familia IV – A de la tabla periódica de los elementos, correspondiendo al grupo del carbono o carbonoideos, acompañado del Carbono (C), Silicio (Si), Germanio (Ge), Estaño (Sn) y Flerovio (Fl). El Carbono es un no metal, Silicio y Germanio son semitales, y el resto de los elementos, Estaño, Flerovio y por supuesto, el Plomo, son metales.

El Pb es un metal pesado gris plateado y resistente a la corrosión, entendiéndose como "Metal Pesado" cualquier elemento químico o metálico cuya densidad sea superior a 4 g/cm³ y que por sus características es tóxico o venenoso inclusive a bajas concentraciones o dosis, cuyo número atómico es 82, su peso atómico es 207,19 y su densidad relativa es 11,34. Su temperatura de fusión es de 327,5°C, y la de ebullición corresponde a 1749°C. El número CAS otorgado al plomo, según la Sociedad Americana de Química, es 7439-92-1.

Los minerales del plomo se encuentran en muchos lugares del mundo. El mineral más rico es la galena (sulfuro de plomo), PbS, y constituye la fuente principal de producción comercial de este metal. Otros minerales de plomo son: la cerusita (carbonato), $PbCO_3$, la anglesita (sulfato), $PbSO_4$. En muchos casos, los minerales de plomo pueden contener otros metales tóxicos.

1.2 El Plomo en la Historia

Es uno de los metales que más se ha usado en la historia de la humanidad. Los romanos fueron pioneros en la explotación del plomo a escala industrial, dándole múltiples usos durante el imperio romano, en construcción de acueductos, cañerías para el agua, monedas, cazuelas, platos, pinturas y cosméticos. Al ser un material maleable, con bajo punto de fusión y resistente a la corrosión, el plomo fue en su momento lo que el plástico es ahora, un material omnipresente. El uso diario de este material, que estaba en contacto constante con el agua y alimentos destinados al consumo, significaron un alto contenido de este metal pesado en los organismos de quienes conformaron el imperio Romano, de hecho, si se analizan los huesos en algunos cementerios romanos, se observa que contienen niveles de plomo tres veces más altos que los recomendados por la Organización Mundial de la Salud[6].

En los años 20 se añadió un compuesto de plomo a la gasolina, este compuesto corresponde al "tetraetilo de Plomo". En 1921, Thomas Midgley Jr, químico de la automotriz General Motors, descubrió que, al añadir el componente derivado del plomo, los motores funcionaban de forma más eficiente, eliminando el golpeteo incontrolable de los primeros autos de motor al combustionar.

[6] (Laurence Knight, 2014)

Si bien para esa época ya se tenía conocimiento de los efectos nocivos del plomo en el organismo y medio ambiente, El producto se comercializó con el inocente nombre de "etilo".

Cuando fue retado por los peligros del contenido de plomo, Midgley convocó una rueda de prensa en la que roció sus manos con tetraetilo de plomo y respiró su vapor durante todo un minuto, alegando que podría hacer lo mismo cada día sin sufrir efectos nocivos.

La planta de etilo de GM en Nueva Jersey tuvo que cerrar después de que varios trabajadores se volvieran locos y algunos murieran, dando como resultado que la prensa rebautizara el etilo con el nombre de "gas lunático".

Para los años 70 ya se tenía presente que el plomo era un problema real, tanto para la salud como para el medio ambiente, por lo que países de todo el mundo enfrentan la realidad de la contaminación por plomo, imponiendo leyes que impulsaran la reducción paulatina del uso de aditivos con plomo en las gasolinas, obligando a las empresas petroleras a desarrollar nuevas tecnologías para producir gasolina con mayor octanaje sin la necesidad de aditivos con plomo, y por otro lado, los fabricantes de motores tuvieron que emplear materiales que no necesitaran la lubricación del compuesto de plomo para su óptimo funcionamiento. Como resultado de la lucha por la eliminación del Plomo en la gasolina, encontramos que EE.EE erradicó el uso del plomo en el año 1986, y, la Unión Europea fijó como plazo el 1 de enero de 2000 para retirar los combustibles con plomo del mercado.

1.3 Vías de Exposición

En la industria, la principal vía de entrada es el aparato respiratorio. Puede absorberse cierta cantidad por las vías aéreas superiores, pero la proporción mayor se absorbe a través de la circulación pulmonar. El grado de absorción depende de la proporción de polvo en forma de partículas de un tamaño inferior a 5 micras y del volumen/minuto respiratorio del trabajador. Por ello, una mayor carga de trabajo produce una mayor absorción de plomo. A pesar de que el aparato respiratorio es la vía principal de entrada, una mala higiene en el trabajo, el hábito de fumar durante el mismo (contaminación del tabaco o de las manos) y una mala higiene personal pueden aumentar considerablemente la exposición, sobre todo por vía oral.

Puesto que la vía de absorción de plomo más importante es a través de los pulmones, es muy importante determinar el tamaño de las partículas de polvo de plomo industrial, que depende de la naturaleza del proceso que origina el polvo. El polvo fino con partículas de un tamaño respirable se produce durante los procesos de pulverizado y mezcla de colores de plomo, el trabajo abrasivo del material de relleno de plomo en las carrocerías de automóviles y el lijado en seco de las pinturas de plomo. Los gases de escape de los motores de gasolina producen partículas de cloruro y bromuro de plomo de 1 micra de diámetro. Sin embargo, también partículas mayores pueden ingerirse y absorberse a través del estómago.

Otro factor importante es el gasto de energía: el producto de la concentración en el aire y el volumen/minuto respiratorio determina la captación de plomo. Trabajar horas extras aumenta el tiempo de exposición y reduce el tiempo de recuperación.

1.4 Absorción del Plomo en el Organismo

El plomo carece de valor biológico, pues no es necesario para el funcionamiento del organismo. Debido a su tamaño y carga el plomo puede sustituir al calcio, cinc y hierro, los cuales actúan en numerosas reacciones enzimáticas. Debido a su similitud con el calcio, su principal sitio de acumulación son los huesos[7].

En el organismo humano, el plomo inorgánico no se metaboliza, sino que se absorbe, se distribuye y se excreta directamente. La velocidad a que se absorbe el plomo depende de su forma química y física y de las características fisiológicas de la persona expuesta (edad y estado nutricional). El plomo inhalado y depositado en las vías respiratorias bajas se absorbe por completo. La cantidad de plomo absorbida en el tracto gastrointestinal de los adultos suele estar comprendida entre el 10 y el 15 % de la cantidad ingerida; en los niños y las mujeres embarazadas, la cantidad absorbida puede aumentar hasta en un 50 %. También se incrementa significativamente en condiciones de ayuno y en casos de déficit de hierro o calcio. Una vez en la sangre, el plomo se distribuye en tres compartimentos: la sangre, los tejidos blandos (riñón, médula ósea, hígado y cerebro) y el tejido mineralizado (huesos y dientes). El tejido mineralizado contiene aproximadamente el 95 de la carga corporal total de plomo en los adultos.

Una vez absorbido, el plomo no se distribuye de manera homogénea en todo el cuerpo. Hay una absorción rápida en la sangre y en los tejidos blandos, seguida de una redistribución más lenta a los huesos. Los huesos acumulan plomo durante gran parte de la vida humana y pueden actuar como fuente endógena de plomo. La semivida del plomo en la sangre y en otros tejidos blandos es de aproximadamente 28-41 días, pero es mucho más larga en los diversos compartimentos óseos. En los huesos, el plomo tiene una semivida de 20 a 30 años.

Del 100% del contenido de plomo en la sangre, el 99% está asociado a los eritrocitos o glóbulos rojos, y el 1% restante, al plasma, donde se encuentra disponible para ser transportado a los tejidos del organismo. El plomo que no es retenido en la sangre es eliminado a través de los riñones o mediante el aclaramiento hepático; volumen de plasma que el hígado puede depurar o limpiar de una sustancia determinada por unidad de tiempo, expresado en mililitros por minuto.

Hay que tener presente que para que se desarrolle una intoxicación por plomo, no es necesaria una exposición aguda importante. El organismo acumula este metal durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir, con el transcurso del

[7] (Ministerio de Salud, 2018)

tiempo, una intoxicación por plomo, pues no es eliminado mediante riñones a través de los desechos[8].

1.5 Efectos en el organismo

En el ser humano, el plomo puede tener una amplia variedad de efectos biológicos según el nivel y la duración de la exposición. Se han observado efectos en el plano subcelular y efectos en el funcionamiento general del organismo que van desde la inhibición de las enzimas hasta la producción de importantes cambios morfológicos y la muerte. Dichos cambios se producen a dosis muy diferentes; en general, el ser humano que se está desarrollando es más sensible que el adulto.

El plomo es uno de los cuatro metales pesados que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana, junto al mercurio, cadmio y cobre.

Los efectos biológicos del plomo son los mismos independientemente de que entre en el organismo por inhalación o ingestión. El plomo interfiere con la función celular normal y con varios procesos fisiológicos. La sustancia puede afectar a la sangre, médula ósea, sistema nervioso central, sistema nervioso periférico y riñón, dando lugar a anemia, encefalopatía (p. ej. convulsiones), alteraciones del sistema nervioso periférico, calambres abdominales y alteración renal. Produce graves alteraciones en la reproducción humana. Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos.

Una vez que las partículas o vapores de plomo penetran a través del epitelio pulmonar, luego se integran a la circulación y se trasladan en plasma como fosfato de plomo, depositándose en los pulmones, riñones, hígado, encéfalo y huesos. El plomo al ingresar al cuerpo humano, bloquea la síntesis de hemoglobina y altera el transporte de oxígeno a la sangre y hacia los demás órganos del cuerpo. El envenenamiento por plomo se denomina “Saturnismo, Plumbosis o Plombemia”.

El Plomo es un neurotóxico, el destino más sensible de intoxicación por plomo es el Sistema Nervioso. Los adultos presentan efectos sobre el SNC con niveles relativamente bajos de plomo en sangre, que se manifiestan en cambios de conducta sutiles, fatiga y problemas de concentración. Las lesiones del sistema nervioso periférico, en su mayoría motrices, se observan principalmente en los adultos. Se ha descrito neuropatía periférica y una disminución en la velocidad de conducción nerviosa en trabajadores del plomo asintomáticos. La neuropatía por plomo se considera una enfermedad de las neuronas motrices de la asta anterior de la médula espinal, con degeneración de las terminales axónicas que avanza hacia el cuerpo neuronal.

Además, el plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina al interferir con varios pasos enzimáticos en la vía metabólica de la síntesis de esta proteína de la sangre. Provocando anemia, que por definición se entiende como la disminución de la hemoglobina,

[8] (Guía de Valoración de Incapacidad Laboral , 2010)

en comparación con los valores normales para individuos de la misma edad y género. El plomo puede inducir dos tipos de anemia. La intoxicación aguda con niveles elevados de plomo se ha asociado con la anemia hemolítica. En la intoxicación crónica, el plomo induce anemia al interferir con el proceso de producción de los glóbulos rojos, conocido como eritropoyesis, y reducir la supervivencia de los eritrocitos. Sin embargo, es necesario mencionar, que la anemia no es una manifestación de una intoxicación por plomo, sino que es señal de una alta concentración de plomo en la sangre durante un periodo prolongado.

Otro sistema del cuerpo humano que se ve afectado por este elemento químico, es el sistema reproductor, que tiene efectos según el sexo. Para el sexo Masculino los efectos, si bien no están caracterizados del todo los datos disponibles indican que podrían existir efectos testiculares, como la reducción del recuento y la motilidad espermática, una de las principales causas de esterilidad, como consecuencia de una exposición crónica al plomo.

En cuanto a los posibles efectos cancerígenos que puede producir el plomo en el organismo humano, la IARC[9] ha clasificado al plomo y sus compuestos en el grupo 2B, como posiblemente cancerígeno para los seres humanos. Esto es basado en un estudio realizado con ratas, cuya exposición a plomo derivó la generación de tumores en sus organismos. Ahora, es clasificado como "posiblemente cancerígeno para el ser humano", pues la asociación entre los casos estudiados y el desarrollo de cáncer en el organismo humano no está definida[10].

1.6 Síntomas asociados a la toxicidad del Plomo

La toxicidad leve por exposición al plomo puede producir:

- Mialgia o parestesia. La cual se entiende como una enfermedad que se caracteriza por hormigueo, entumecimiento y ardor en la parte externa del muslo producto de la compresión del nervio que le proporciona sensibilidad a la superficie de la piel del muslo[11].
- Fatiga leve
- Irritabilidad
- Letargo
- Molestias abdominales ocasionales

Los signos y síntomas asociados a una toxicidad moderada son los siguientes

- Artralgia. Se caracteriza por el intenso dolor en las articulaciones, suele confundirse con artritis. La diferencia entre ambas enfermedades, es que mientras la artritis es una inflamación articular, la artralgia consiste en el dolor de las mismas[12].

[9] IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
[10] (Agencia para sustancias tóxicas y Resgistro de Enf, 2016)
[11] (Mayo Clinic, 2018)
[12] (Artralgia, 2018)

- Fatiga general. Falta de energía, agotamiento o cansancio[13]
- Dificultad para concentrarse.
- Agotamiento muscular. Pérdida total o parcial del músculo para producir fuerza[14]
- Temblor.
- Cefalea o dolor de cabeza.
- Dolor abdominal difuso.
- Vómitos.
- Pérdida de peso.
- Estreñimiento. Evacuaciones intestinales poco frecuentes o dificultad para evacuar que persiste durante varias semanas o más[15].

Los signos y síntomas de toxicidad grave son:

- Paresis o parálisis. Pérdida de las funciones musculares en parte de su cuerpo[16].
- Encefalopatía, que puede producir de forma repentina convulsiones. Alteración de la estructura y el funcionamiento cerebral[17].
- Alteraciones de la consciencia, coma y la muerte.
- Ribete azul (gris azulado) en las encías.
- Cólicos (intermitentes o cólicos abdominales graves).

1.7 Efectos sobre el Medio Ambiente

Degradabilidad - Biotrasformación en el ambiente: Algunos compuestos de plomo son transformados a otras formas de plomo por la luz solar, el aire y el agua. Sin embargo, el plomo elemental no puede ser degradado.

b) Persistencia: El plomo es un metal pesado y su tendencia como tal es a permanecer en el ambiente.

c) Bioacumulación - Biomagnificación: El plomo del aire puede transferirse a la biota directamente o por absorción del suelo. Los animales pueden encontrarse expuestos al plomo directamente mediante la ingestión de hierba y de tierra o por inhalación. Hay poca biomagnificación del plomo inorgánico a través de la cadena alimentaria.

d) Transporte y Movilidad Ambiental en:

Aire. El transporte y la distribución del plomo procedente de fuentes fijas, móviles y naturales tienen lugar principalmente a través del aire. La mayor parte de las emisiones de plomo se depositan cerca de la fuente, aunque algunas partículas de materia recorren largas distancias y contaminan lugares remotos, como glaciares. El plomo en el aire puede contribuir a la

[13] (Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU, 2018)
[14] (Georgina Hernando, 2017)
[15] (Mayo Clinic, www.mayoclinic.org, 2018)
[16] (Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU, medlineplis.gov, 2018)
[17] (Juan Carlos Ofarril, 2017)

exposición humana mediante la contaminación del agua, alimentos y de la inhalación directa del polvo. La eliminación del plomo del aire dependerá del tamaño de la partícula y de las condiciones atmosféricas, pudiendo descargarse grandes cantidades de plomo sobre el suelo o agua. Sin embargo, este material tiende a permanecer localizado debido a que presenta una baja solubilidad en agua.

Agua y Sedimento. El plomo depositado en el agua, ya provenga del aire o de la escorrentía del suelo, se distribuye rápidamente entre el sedimento y la fase acuosa, según el pH, el contenido de sales y la presencia de agentes quelantes orgánicos. Con un pH superior a 5,4, las aguas duras pueden contener aproximadamente 30µg Pb/L y las aguas blandas aproximadamente 500 µg Pb/L.

Suelo. Muy poco plomo depositado en el suelo se transporta a las aguas superficiales o a las subterráneas, salvo mediante la erosión o el desgaste geoquímico; normalmente está ligado a la materia orgánica de forma bastante estrecha, por quelación, esto es debido a los agentes quelantes, secuestrantes o antagonistas de metales pesados, es una sustancia que forma complejos fuertes con metales pesados, inhibiendo su reacción.

Capítulo 2: Antecedentes legales que regulan trabajos con Plomo

2.1 Constitución Política de la República

Capítulo III, De los derechos y deberes constitucionales

Artículo 19.- La constitución asegura a todas las personas

1.- El derecho a la vida y a la integridad física y psíquica de la persona.
16.- La libertad de trabajo y su protección. Toda persona tiene derecho a la libre contratación y a la libre elección del trabajo con una justa retribución. Ninguna clase de trabajo puede ser prohibida, salvo que se oponga a la moral, a la seguridad o a la salubridad públicas[18].

2.2 Código del Trabajo

Título I, Normas Generales

Art. 184. El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales[19].

2.3 Ley 16.744, Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales

Artículo 7- Es enfermedad profesional la 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.

Decreto Supremo #594, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo

Título III, De las condiciones ambientales, Párrafo I, De la ventilación

Artículo 32.- Todo lugar de trabajo deberá mantener, por medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.

Artículo 33.- Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo. Con todo, cualquiera sea el procedimiento de ventilación empleado se deberá evitar que la concentración ambiental de tales contaminantes dentro del recinto de trabajo exceda los límites permisibles vigentes.

[18] (Ministerio del Trabajo, www.leychile.cl, 2005)
[19] (Dirección del Trabajo, 2018)

Artículo 34.- Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.

Artículo 35.- Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo[20].

Título IV, De la contaminación ambiental, Párrafo II, De los contaminantes químicos

Artículo 66.- Se establecen los límites permisibles temporales y ponderados de sustancias. Plomo, polvos y humos inorgánicos, LPP (0,12 mg/m3), clasificado como A3.

Título V, De los Límites de Tolerancia Biológica

Artículo 113.- Establece Límites de Tolerancia Biológica para contaminantes. En el caso del Plomo, este se detecta en la sangre, siendo su LTB 40 ìg/100 ml.

Decreto Supremo #109, Aprueba Reglamento para la calificación y Evaluación de los Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

Artículo 18.- Se considerarán los siguientes agentes específicos que entrañan el riesgo de enfermedad profesional. Plomo y sus compuestos, todos los trabajos que expongan al riesgo durante la producción, separación y utilización del agente.

Artículo 19.- Se entenderán por enfermedades profesionales las siguientes, relacionadas con la exposición laboral al Plomo, Intoxicaciones, Dermatosis profesionales, Bronquitis, Neumonitis, Enfisema de origen químico, Asma bronquial, Cáncer pulmonar y de las vías respiratorias, Lesiones del Sistema Nervioso Central y Periférico, Lesiones de los órganos de los sentidos, Paradenciopatías.

2.4 Ley 20.123, Regula trabajo en Régimen de Subcontratación, el Funcionamiento de Empresas de Servicios Transitorios y el Contrato de Trabajo de los Servicios Transitorios.

Artículo 183-E.- Sin perjuicio de las obligaciones de la empresa principal, contratista y subcontratista respecto de sus propios trabajadores en virtud de lo dispuesto en el artículo 184, la empresa principal deberá adoptar las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de todos los trabajadores que laboran en su obra, empresa o faena, cualquiera

[20] (Ministerio del Trabajo, 1968)

sea su dependencia, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 66 bis de la ley Nº 16.744 y el artículo 3º del decreto supremo Nº 594, de 1999, del Ministerio de Salud[21].

Artículo 7.- Incorpórese el Artículo 66 bis al Artículo 66, de la ley 16.744, "Los empleadores que contraten o subcontraten con otros la realización de una obra, faena o servicios propios de su giro, deberán vigilar el cumplimiento por parte de dichos contratistas o subcontratistas de la normativa relativa a higiene y seguridad, debiendo para ello implementar un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo para todos los trabajadores involucrados, cualquiera que sea su dependencia, cuando en su conjunto agrupen a más de 50 trabajadores".

2.5 Ley 19.300, Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente

Artículo 1.- El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

2.6 Decreto 136, Establece Norma de Calidad Primaria para Plomo en el Aire

Título I, Disposiciones generales.

Artículo 1º. Establécese la Norma de Calidad Primaria para Plomo en el Aire. La presente norma tiene por objetivo proteger la salud de la población del país y en particular la población infantil, de aquellos efectos crónicos y crónicos diferidos generados por la exposición a niveles de concentración de plomo en el aire.

Título II, Nivel de la norma de calidad primaria anual para plomo en el aire.

Artículo 3º. La norma primaria de calidad del aire para el contaminante plomo será de 0.5 microgramos por metro cúbico normal (µg/m3N) como concentración anual.

2.7 Guía para la Evaluación Cuantitativa de Sistemas de Ventilación Localizada, Instituto de Salud Pública de Chile

Proporciona una herramienta que permita evaluar, en relación con la protección del trabajador, el comportamiento y eficacia de un sistema de ventilación localizado y sus componentes, ya sea del tipo simple o ramificado, a través de la caracterización de su diseño aerodinámico y la medición de sus variables de operación. Permitiendo evaluar

[21] (Ministerio del Trabajo, 2006)

cuantitativamente el funcionamiento de sistemas de ventilación localizada, instalados en lugares de trabajo, en relación con la protección del trabajador[22].

[22] (Instituto de Salud Pública, 2014)

Capítulo 3: Evaluación del Sistema de extracción de partículas de Plomo

En relación con lo explicado en el capítulo anterior, el Plomo es una sustancia muy nociva para la salud, que, si bien no está determinado que sea un compuesto cancerígeno para seres humanos, se sabe que no tiene ningún efecto positivo en la salud humana.

Es por eso que surge la necesidad de eliminar el plomo de las áreas de trabajo que tengan presencia de este metal en el proceso productivo, y que genera ocupacional exposición al tóxico en cuestión. Una buena opción para extraer el plomo del ambiente es la ventilación

3.1 Fundamentos de Ventilación Industrial

La ventilación es la circulación de una masa de aire al interior de un recinto, que se da debido a diferencias de presión. Es un método común para reducir la exposición de las personas a los contaminantes químicos que se producen en un proceso de manufactura. También es útil para prevenir la acumulación de gases, vapores o polvos inflamables, explosivos o tóxicos para el ser humano, entendiendo por "Tóxico" una sustancia o agente, químico o biológico, que es capaz de producir daño en la salud de las personas, incluso la muerte.

Hay 2 tipos de ventilación, que se utilizarán dependiendo del contaminante presente en el lugar de trabajo, en función de su toxicidad, definiéndose toxicidad como la capacidad que tiene una sustancia o agente, químico o biológico capaz de producir un efecto dañino en la salud o la vida, la ventilación por dilución o general, y la ventilación localizada.

3.2 Ventilación Localizada

Los sistemas de ventilación localizada capturan el contaminante desde su generación en la fuente de origen, antes de que escapen al ambiente de trabajo, y se mezclen con el aire que inhalan los trabajadores. La gran ventaja de este tipo de ventilación, es que, en lugar de diluir el contaminante, lo eliminan, requiriendo a su vez, un menor flujo de aire que en la dilución, pues no se está inyectando aire al lugar.

Al igual que en primer tipo de ventilación, debe existir un contaminante que se desea eliminar, pero esta vez, debe presentar niveles de toxicidad dañinos. Considerando aquellas sustancias de alta toxicidad, cuando su TLV es inferior a 100 ppm.

Es importante determinar el nivel de toxicidad de la sustancia antes de diseñar un sistema de ventilación. Suponiendo que en un área de trabajo exista generación de un contaminante de alta toxicidad, si se utiliza ventilación general, inyectando aire, se distribuirá el tóxico por todo el lugar, y se expondrá a la sustancia, aquellos que inicialmente no estaban expuestos. En esta situación es necesario un sistema de ventilación localizada.

3.3 Componentes de un sistema de Ventilación Localizada

En primer lugar, es necesario tener muy claro que lo más importante para diseñar un sistema de extracción localizada, debe conocerse la velocidad de generación de la sustancia contaminante que se desea extraer, pues el caudal, la cantidad de volumen de aire extraído en un tiempo determinado, con el que se capturará la sustancia, se calcula en función del primer valor, para que la extracción sea efectiva, y no entregue una falsa sensación de protección.

Los sistemas de ventilación localizada están compuestos por 4 elementos básicos

A) La campana o sistema de captación

Su principal función es captar los contaminantes generados en el proceso, cuyo movimiento está producido por el proceso mismo. Para entender el comportamiento de las partículas en relación a una campana, puede compararse a un imán, este atrae elementos metálicos con mayor facilidad a medida que estos se hayan en su proximidad, de la misma manera, una campana será más efectiva cuando su distancia a la fuente de generación del tóxico sea menor.

B) El conjunto de ductos y sus accesorios (codos, entradas, uniones)

La función de los ductos en el sistema de extracción localizada es transportar el aire contaminado desde la campana hasta el punto de expulsión del aire, teniendo en su interior una velocidad de transporte determinada por el ventilador.

Debe tenerse en consideración de que las paredes que conforman los ductos y sus accesorios, proporcionan roce, que produce pérdidas de energía de transporte del aire, pudiendo incidir en la eficacia del movimiento del aire contaminado. Por eso, lo más óptimo al diseñar un sistema de ventilación localizada, es que tenga la menor cantidad de codos posible, para evitar pérdidas en el sistema.

C) Filtros para limpieza del aire

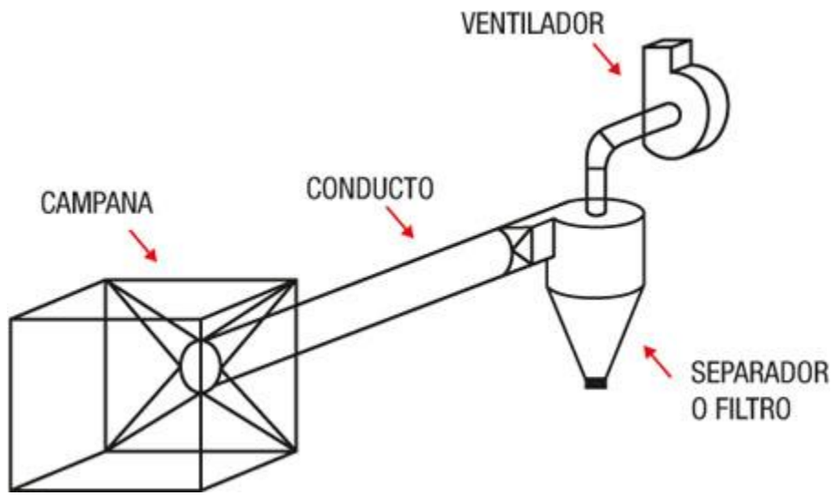
Los filtros retienen la sustancia contaminante a medida que pasa el aire a través de él, para posterior a su limpieza, devolverlo a la atmósfera.

D) Ventilador

Un ventilador es una máquina volumétrica, son atravesadas por cantidades discretas de fluido, que traslada el aire de una parte a otra reduciendo una determinada presión estática.

En el sistema de ventilación, es el elemento encargado de entregar al aire la energía necesaria para atraerlo hasta el punto de captación, transportarlo por los ductos y filtros, antes de devolverlo a la atmósfera.

Lo anterior puede verse detallado en la siguiente imagen:



3.3.1 Aplicaciones

Los sistemas de ventilación, por dilución y localizada, tienen una amplia gama de aplicaciones, siendo requerida principalmente en la industria y laboratorio. Velando por la salud de quienes trabajan en dichos recintos.

Dependiendo de las sustancias, como ya se había mencionado, será el tipo de sistema de ventilación a diseñar.

Puede utilizarse para extraer o diluir Humos de Soldadura, Neblinas, Gases y Vapores, Aerosoles entre otros, de forma que el aire sea óptimo para la inhalación. También sirve como medida de control de olores, humedad, temperatura, entre otras condiciones ambientales indeseables al interior de un recinto laboral.

3.3.2 Ventilación como herramienta para la Seguridad Industrial

Habiendo ya descrito los fundamentos y aplicaciones de la ventilación. Se establece que es una herramienta efectiva para proteger a los trabajadores de daños respiratorios que pudieran ser permanentes o provocar incluso la muerte, por inhalación de sustancias tóxicas.

Aplicando lo explicado anteriormente a las Líneas de Tratamientos Ígneos, la sustancia tóxica de mayor toxicidad, es el Plomo, sustancia que es utilizada en las 3 líneas de producción, 40 H-1, Patentado o Galvanizado y 40 H-2. El TLV para esta sustancia es de 0,5 mg/m3, según la Ficha Internacional de Seguridad Química, entregada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. En este punto es necesario explicar que, si bien el criterio para determinar la alta o baja toxicidad de una sustancia, dependerá si su TLV es superior, inferior o igual a 100 ppm, el valor del Plomo se expresa en mg/m3, pues el TLV en ppm es para aquellas sustancias que a temperatura ambiente existen como gases o vapores. Para las otras sustancias metálicas, sales y otros compuestos que no forman vapores o gases a una temperatura ambiental, su TLV es expresado en mg/m3.

Es necesario tener presente que el Plomo es un metal pesado, sólido a temperatura ambiente, de aspecto gris azulado, que funde a los 327,5 °C. Los compuestos del plomo son tóxicos, y pueden provocar envenenamiento a los trabajadores si se usa de forma inadecuada o con protección poco eficaz.

Es por esta razón que surge la necesidad de tener un sistema de ventilación que brinde una protección efectiva a los trabajadores de las 3 líneas productivas.

3.3.3 Proceso productivo en las Líneas a evaluar

Para evaluar cuantitativamente el sistema de extracción de partículas de plomo en la línea productiva, se hace necesario comprender primero el proceso productivo ejecutado en el lugar de estudio.

La empresa metalmecánica a evaluar se dedica a la producción de derivados del alambrón. En el área productiva denominada "Tratamientos Ígneos", la materia prima, el alambrón atraviesa distintas estaciones que poseen altas temperaturas, de ahí el nombre de la zona de producción. El área de Tratamientos Ígneos, es una de las áreas más críticas del proceso de producción de la fábrica, siendo el corazón de la planta, pues alimenta el resto de las áreas de producción

Tratamientos Ígneos tiene 3 líneas de producción, 40 Hebras 1; 40 H-1; Patentado o Galvanizado, 40 Hebras 2; 40 H-2. En estas líneas se utilizan diversos productos químicos para lograr las transformaciones deseadas en el alambrón. Entre estas sustancias encontramos Ácido Clorhídrico, Flux Fos, Auto Flux, Borax Pentahidratado, Atophos 85 R, Atophos 85 I, Wax u Oil Chop, Gardolube SC 6245, Plomo y Zinc.

La primera línea, 40 H-1, parte por el devanado de alambrón, que es desenrollarlo de sus spiders[23], y hacerlos pasar por tinas de Plomo, luego por una Tina de Enfriamiento, se utiliza agua para este proceso, a continuación por Decapado Electrolítico, Decapado Químico, se enjuaga nuevamente, para hacerlo pasar por la Tina de Flux, posteriormente, pasa por el Horno de Zinc, y vuelve a ser enrollado de forma mecánica al terminar la línea[24].

La segunda línea, Patentado o Galvanizado, parte por el devanado de alambrón, se hace pasar las hebras por la Tina de Plomo, Tina de Enfriamiento, doble Decapado, Lavado de las hebras, Fosfatizado, luego por una Tina de Flux, Borax Pentahidratado, a continuación, por una etapa de secado de las hebras, y posteriormente por la Tina de Zinc, y vuelve a ser enrollado de forma mecánica al terminar la línea.

La tercera línea, 40 H-2, parte por el devanado de alambrón, haciendo pasar las hebras por dos Tinas de Plomo consecutivas, luego por enfriamiento, posterior Tina de Decapado, lavado de las hebras, pasan por una Tina de Flux, Tina de Zinc, y vuelve a ser enrollado de forma mecánica al terminar la línea.

[23] Se denomina "Spider" a la estructura metálica que contiene el alambrón enrollado.
[24] Diagrama de Proceso Productivo de la Línea 40 Hebras – 1 disponible en Anexos: "Anexo 3: Diagrama de Proceso de la Línea 40 H – 1".

3.3.4 Proceso de escoriado de Tinas

El escoriado de tinas consiste en eliminar la capa de antracita que recubre las tinas de plomo y recubrirla nuevamente con otra capa de antracita.

La antracita es un carbón fósil de color negro y que arde con dificultad, utilizado como aislante térmico, con el objetivo de que la tina no pierda temperatura, en la línea evaluada, 40 H-1, las tinas de plomo 1 y 2 trabajan a 560 °C y 720 °C respectivamente. La antracita no se adhiere al plomo líquido.

Todas las semanas la antracita que recubre la superficie de las tinas es removido y reemplazado por una capa nueva de carbón, de acuerdo al procedimiento existente.

3.3.5 Procedimiento de Escoriado de Tinas de Plomo

3.3.5.1 Criterio de Limpieza

Las tinas de Pb deben ser escoriadas el día domingo

3.4.5.1 Equipos y herramientas de limpieza

Las siguientes herramientas son exclusivas para el uso en el proceso de escoriado de tinas de Plomo. Éstas son la pala escoriadora; con la cual se saca la antracita de la superficie de la tina; palta de arrastre, pala, escoba de rama, usadas para distribuir la nueva capa de antracita dispuesta en las tinas. Y por último el pica hebra, esta herramienta es utilizada cuando el escoriado se hace con las líneas operativas, al cortarse una hebra que circule por la tina, con ayuda del pica hebra, es sacada a la superficie, soldada con el otro extremo de la hebra, y vuelto a sumergir en la tina de polvo.

Durante la ejecución del procedimiento, la escoria de plomo debe ser depositada en la tolva de uso exclusivo para plomo con su correcta identificación.

3.4.5.2 Maniobra de Limpieza

Precalentar herramientas de trabajo, colocándolas sobre la tina de plomo (5 minutos).

Remover toda la escoria de plomo solidificada con las paredes de la tina mediante la pala escoriadora.

Se usa la tolva y el extractor de polvos metálicos que permanece funcionando durante toda la operación de escoriado de tina.

Se debe efectuar adicionalmente, limpieza de los ceniceros ubicados bajo las tinas de las líneas productivas de 40 Hebras -1, 30 Hebras Y 40 Hebras-2[25]. Dejando los contenidos en la tolva.

[25] Se denomina “Hebra” al alambre desenrollado que será procesado en las tinas.

Para proteger la superficie de plomo se debe recubrir homogéneamente con una capa de aproximadamente 5 cm de antracita.

Una vez que la tolva se encuentre a ¾ de su capacidad, se debe identificar el contenedor.

El chofer encargado del residuo será el responsable de cubrir, pesar y retirar las tolvas o tambores metálicos con plomo hacia la zona de acopio temporal.

En aspectos de seguridad, el operador a cargo de la maniobra y su ayudante, deben contar con los elementos de protección personal básicos más:

- Guantes largos de cuero resistentes a altas temperaturas
- Careta protectora
- Pechera de cuero
- Respirador con filtro p- 100
- Buzo blanco industrial

Cualquier derrame que se produzca durante la limpieza o el traslado de la escoria, se debe tratar de la siguiente manera:

Recoger del piso con la pala correspondiente y depositarlo en el contenedor con la identificación correspondiente al residuo.

Barrer cualquier resto de residuo y depositarlo en el contenedor que corresponda.

Recuperar el nivel de las tinas

Medir la profundidad en el nivel de las tinas desde el borde de la tina, en los puntos de referencia fijados.

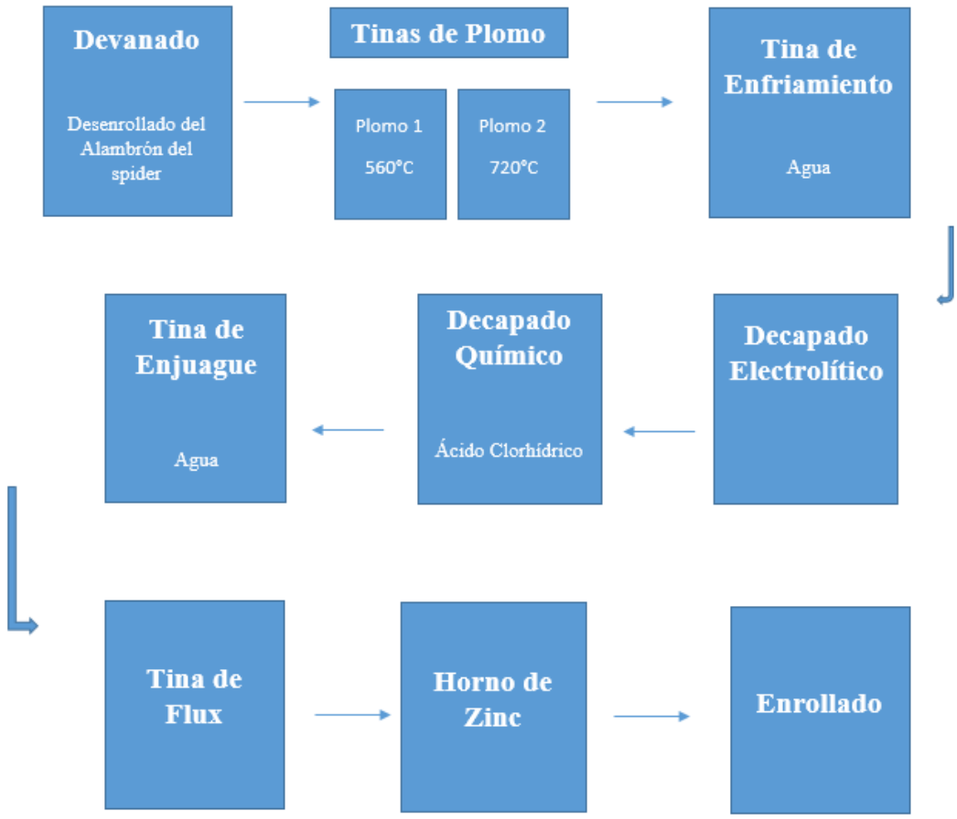
Precalentar lingotes al borde de las tinas.

Deslizar los lingotes hacia el interior de la tina con ayuda del pica hebra de forma suave y lo más alejado posible del borde de la tina, para evitar quemadura por salpicaduras de líquido.

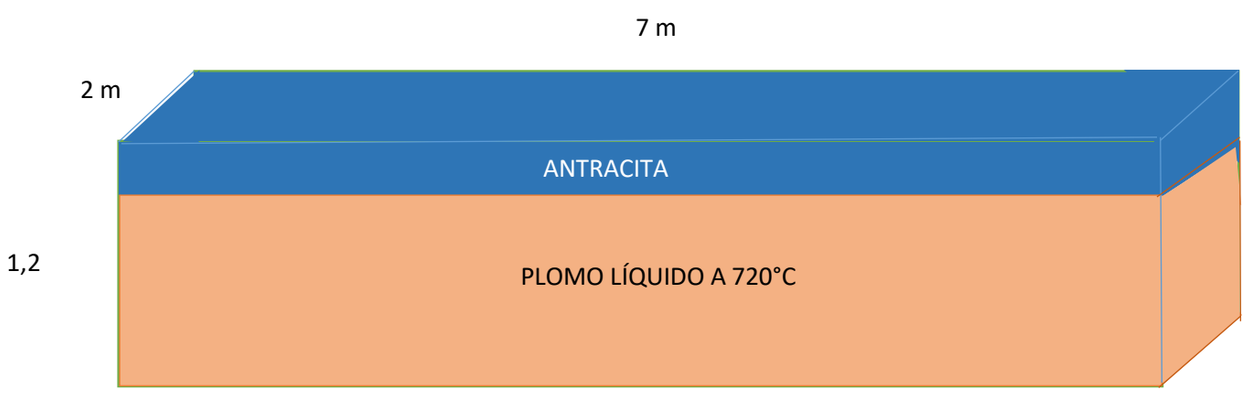
3.4.6 Metodología de evaluación

La evaluación del sistema de extracción de partículas de plomo, fue realizada el día 9 de diciembre de 2018, durante el escoriado de la tina de Plomo 2, de la línea 40 H-1.

El diagrama de Proceso de la Línea 40 Hebras – 1 es presentado a continuación



La tina de plomo tiene las siguientes medidas, 2 metros ancho, 7 metros de largo, y 1,2 metros de alto. En la superficie se le recubre con una capa de 15 cm de antracita.



El equipo utilizado para realizar la medición fue un Termoanemómetro marca Testo.

3.5 Descripción del Equipo

El Testo 405i con Bluetooth es un anemómetro térmico innovador y compacto. Se usa con un Smartphone o una tableta para medir la velocidad de flujo, la temperatura y el caudal volumétrico de aire. Su cuerpo telescópico, extensible hasta 400 mm, permite usos flexibles en habitaciones y conductos. Tiene un rango de medición de 0 a 30 m/s y de -20 a +60 °C. Con la aplicación instalada en el dispositivo receptor, los usuarios pueden leer los valores medidos, configurar rápida y fácilmente las mediciones del caudal volumétrico y determinar

con fiabilidad valores medios temporales y de varios puntos. Los protocolos de medición se pueden enviar directamente como archivos PDF o de Excel[26].

3.6 Descripción del área a evaluar

El escoriado de la tina 2 de plomo de la línea de 40 H-1, opera en un rango de temperatura alrededor de los 720°C. La campana de extracción de partículas, está situada en un extremo de la tina, previo al paso de la estación siguiente de la línea de producción.

La campana de extracción tiene un área de 3,2 m², contando con 2 metros de largo y 1,6 metros de ancho. Y aproximadamente 1 metro de distancia desde la entrada de la campana hasta la superficie de la tina.

Se definieron un total de 11 marcas en puntos determinados del área entre la campana y la superficie de la tina. Además de hacer un sondeo alrededor de la campana y la superficie de la tina para evaluar velocidades laterales que pueden interceder en el desplazamiento de las partículas[27].

Las primeras 5 marcas corresponden a la medición de velocidad y temperatura en la superficie de la tina, lugar de generación del contaminante.

Las marcas 6 y 7 corresponden a la medición de velocidad y temperatura en la distancia de la superficie de la tina y la entrada de la campana.

Las marcas 8 y 9 corresponden a la medición de velocidad y temperatura en la entrada de la campana.

Por último, las marcas 10 y 11 corresponden a la medición de velocidad y temperatura en la distancia de la entrada de la campana y la superficie de la tina.

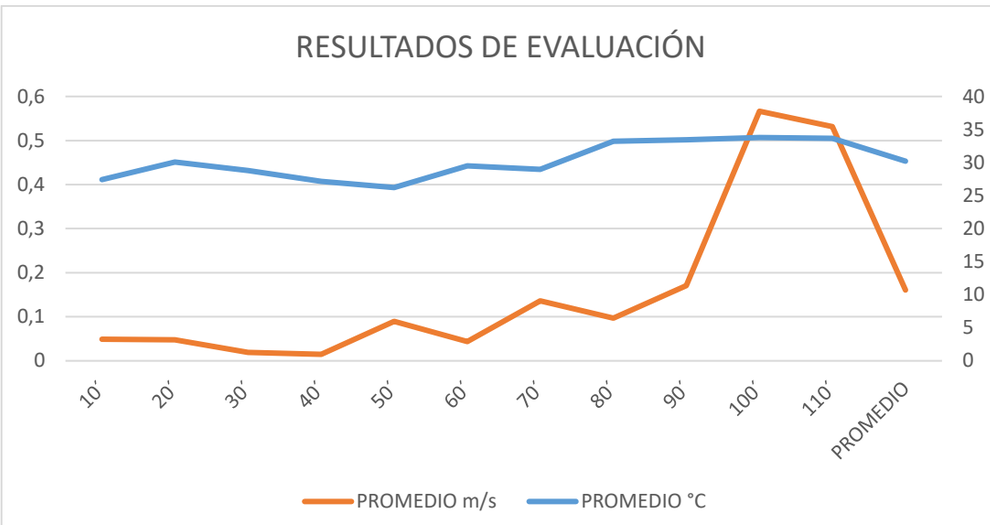
Los tiempos de medición fueron entre 7 y 10 minutos por marca.

[26] (Testo, 2015)
[27] Diagrama de muestreo en el área disponible en Anexos: Anexo 4 “Marcas de Muestreo en el Extractor 40 H – 1”

3.7 Resultados de la evaluación

Luego de analizar los resultados por cada marca, y sacar un promedio de cada una, para luego llevar los datos a un gráfico que nos indique las velocidades y temperaturas evaluadas y cuantificadas, se obtuvo que el promedio de temperatura corresponde a 30,21°C, y que el promedio de velocidad corresponde a 0,16 m/s.

Se representan los datos en el siguiente gráfico[28]:



3.8 Análisis de resultados

Según el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, el intervalo recomendado para la captura del contaminante, considerando que la campana de extracción está lo más cercana posible a la generación del tóxico, plomo en este caso, es de 2,5 m/s – 10 m/s, y para los conductos de 20 m/s – 22.5 m/s. En este caso, la evaluación se centró en cuantificar la velocidad de captura efectiva del sistema de extracción, cuya campana está a 1 metro de distancia de la superficie de la tina[29].

El promedio de velocidad de captura obtenido en la evaluación corresponde a 0,16 m/s. Valor inferior al recomendado por INSHT, por lo que se puede concluir que la captación del contaminante no es efectiva. Y se debe considerar qué, en primer lugar, el plomo es un elemento con un alto peso molecular, es una sustancia pesada por naturaleza, por lo que se debe cumplir con la velocidad mínima recomendada para poder asegurar la captación efectiva del contaminante, en segundo lugar, la presencia de corrientes de aire laterales a la extracción del tóxico, produce perturbaciones en la trayectoria que debiera de seguir los vapores

[28] Tabla de Promedio de velocidades disponible en Anexos: Anexo 5 "Tabla de Promedio de velocidades registradas durante el Muestreo"
[29] (Instituto Nac. de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2014)

generados durante el proceso y que se liberan al ambiente, desviando las partículas del recorrido que debieran de realizar.

Considerando los resultados y los otros factores ya mencionados, y comparándolos con el estándar establecido por la INSHT, se concluye que el sistema de extracción para partículas de Plomo utilizado en el área productiva de Tratamientos Ígneos, específicamente en la línea productiva 40 H-1, no es eficiente en la captura del contaminante generado durante el proceso.

El caudal de captación del sistema de ventilación corresponderá a la multiplicación entre la velocidad en la entrada de la campana por el área de entrada. El promedio de velocidad de entrada medido en la boca de la campana, es de 33,34 m/s. El área de entrada de la campana, cuyas dimensiones son 2 metros de largo y 1,6 metros de ancho, es de 3,2 m^2. Por lo tanto, el caudal de captación equivale a 106,68 m^3/s. Con el valor del caudal de captación, es posible obtener la velocidad de transporte, dividiendo el caudal de captación por el área de circulación, cuyo diámetro es de 0,25 metros, resultando un área de 0,049 m^2. La velocidad de transporte del sistema es de 2.177,14 m/s.

Capítulo 4: Recomendación técnicas para mejorar la eficiencia del sistema de extracción

Se debe tener presente que, la velocidad de captura obtenida en la medición fue de 0,16 m/s, y la velocidad de captura recomendada para el Plomo es de 2,5 m/s – 10 m/s, por lo que al trabajar con un valor inferior al sugerido para una captura eficiente del contaminante, se puede concluir que el sistema de extracción utilizado en la línea productiva evaluada no es eficiente, por tanto, es necesario generar recomendaciones que aporten a corregir las desviaciones existentes, para lograr lograr la eficiencia requerida a fin de captar el plomo en el ambiente laboral donde se desempeñan las actividades de producción.

4.1 Captación lateral del contaminante

El sistema de extracción de sustancia tiene una captación receptora vertical, esto significa que el contaminante debe ser succionado desde el punto de generación hacia la entrada de la campana. El aire se mueve por la presión de vacío que se origina producto de la acción del ventilador, en los ductos del sistema, absorbiendo las masas de aire próximas a la campana. Esto también significa una pérdida en el sistema, pues no solo se captura la masa de aire en el punto de generación del contaminante, sino que también se extraen las masas de aire laterales, que además interfieren en la trayectoria que debe seguir el tóxico desde la generación hasta la entrada de la campana.

La ventaja de utilizar extracción lateral es que se capta el contaminante en la fuente de generación, y se suprime la captura de masas de aire laterales, con lo que se aumentaría la eficiencia de captación de la sustancia[30].

4.2 Acercar las campanas a las tinas para captar el contaminante desde su generación

Esta medida disminuiría la distancia entre la superficie de la tina y la entrada de la campana, acortando el recorrido que debe realizar el contaminante hacia el sistema de captación. Lo que también minimizaría las perturbaciones en el aire producto de corrientes laterales, las partículas generadas durante el proceso tendrían menor interrupción en su recorrido, haciendo más eficiente el sistema de extracción.

4.3 Limpieza del filtro

Una medida que puede ayudar a minimizar la pérdida en la eficiencia del sistema, es la limpieza periódica del filtro, de forma que el contaminante retenido en la estructura, sea eliminado en fechas determinadas, y por supuesto manejado de acuerdo al plan de manejo de residuos peligrosos de la empresa. De forma que, eliminando las obstrucciones en el filtro producidas por el exceso de contaminante en la estructura, se disminuya la pérdida en el sistema de extracción.

[30] Modelo de Extracción Lateral disponible en Anexos: Anexo 6 “Extracción Lateral de Contaminante”

4.4 Programación de Medidas de Control

La implementación de las medidas de control previamente descritas, deberá ser en un periodo de 1,5 años.

Partiendo por la limpieza del filtro, lo que significará detener las líneas de tratamientos ígneos, para desmontar el sistema de extracción localizada, limpiar el filtro del contaminante retenido, y volver a instalarlo.

Posteriormente se deberá diseñar un nuevo sistema de extracción, el cual consista en entregar una propuesta adecuada a las necesidades detectadas, teniendo como objetivo extraer eficientemente el contaminante del ambiente. El sistema de extracción deberá ser de captación lateral, aplicable a todas las tinas de plomo de la Línea de Tratamientos Ígneos. Para esto se debe considerar gastos de la generación del proyecto, costear materiales, mano de obra. Y una vez aprobado el proyecto por la Subgerencia de Ingeniería y Mantención, deberá darse paso a la sustitución del actual sistema de extracción por el nuevo proyecto de ingeniería.

Capítulo 5: Propuesta de mejora al actual procedimiento de escoriado de tinas

El procedimiento de escoriado de Tinas de Plomo, redactado en marzo del año 2001, y revisado por última vez en julio del año 2014, entrega las directrices para ejecutar el escoriado de forma correcta y segura, estableciendo criterios de limpieza, equipos y herramientas a utilizarse, maniobra de limpieza y aspectos de seguridad.

5.1 Incluir el uso del equipo Respirador Jupiter 3M en el Procedimiento

En febrero del presente año, se hace entrega de un nuevo Elemento de Protección Personal, que deberá usarse para la labor de escoriado de plomo. El equipo de protección respiratoria entregado es el Respirador marca 3M, system versaflo m-400, más turbocompresor de aire Jupiter RTU[31].

El equipo consta de tres partes, casco de aire, manguera de respiración y cinturón con motoventilador, con sus filtros y correa de ajuste. El equipo 3M Jupiter ofrece protección respiratoria frente a partículas y gases y vapores. Está diseñado para alojarse en la base de la espalda, de forma que las caderas del usuario llevan el peso del equipo con un cinturón ergonómico muy cómodo. De esta forma, el equipo 3M Jupiter puede llevarse durante toda la jornada. Incluye cinturón de fácil descontaminación, indicador de caudal y tubo de calibración[32].

Con el objetivo de mejorar el actual procedimiento de escoriado de tinas, se recomienda, primeramente, una nueva revisión del procedimiento, donde se reemplace en la sección de "Aspectos de Seguridad", el uso del equipo respirador con filtro p-100, por el nuevo equipo entregado, el cual se está utilizando desde hace 10 meses. Además, deberá seguirse el procedimiento de uso del Equipo respirador Jupiter, cumpliendo con los criterios de uso previo, calibración del equipo y verificación de caudal. Así como iniciar la carga de las

[31] Procedimiento de Uso del Equipo Respirador Marca 3M disponible en Anexos: Anexo 7 "Procedimiento de Uso de Equipo de Protección Respiratoria Marca 3M, System Versaflo M-400 más Turbocompresor de Aire".
[32] (3M, 2011)

baterías del motoventilador 24 horas antes de la ejecución del escoriado, para asegurar el buen funcionamiento del equipo.

5.2 Sellar tolvas contenedoras de escoria

Por indicaciones del procedimiento, la escoria de las tinas, que contiene antracita y restos de plomo, es depositada en las tolvas o contenedores metálicos, mediante las palas utilizadas para ejecutar el escoriado.

Cuando la escoria es vaciada a la tolva, se libera una gran cantidad de polvo que, de no tomar las medidas preventivas necesarias, puede producir efectos dañinos en la salud.

Es una situación frecuente el que los contenedores de la escoria queden destapados, lo que permite que se emane contaminante que se encuentra en la tolva al ambiente, pudiendo ser inhalado por los trabajadores que realizan sus labores en el hogar. Es importante destacar, que el uso del Respirador 3M Jupiter es sólo cuando se realizan labores de escoriado, el resto de las jornadas y trabajos son ejecutados sin protección respiratoria.

Por lo tanto, es necesario que, en el momento en que finalice el escoriado de tinas de plomo, la tolva que contiene la escoria sea sellada de inmediato, y que sea manipulado de acuerdo al Plan de manejo de Residuos Peligrosos de la empresa.

Conclusión

La empresa Metalmecánica evaluada es una organización de alta complejidad y riesgo en sus procesos, pues entraña riesgos de diversas naturalezas en la totalidad de su proceso productivo, sobre todo si se considera la exposición a sustancias tóxicas para la salud, como es el caso de la sustancia en estudio, el plomo.

Es por eso que, tomando como base la responsabilidad del empleador de proteger a sus trabajadores, se realizó una evaluación del sistema de extracción de plomo, durante el proceso de escoriado de tinas de plomo líquido. La evaluación se realizó en el área productiva de "Tratamientos Ígneos", en una de sus líneas productivas, 40 Hebras – 1, para ello, fueron establecidas marcas de muestreo, con el fin de obtener velocidades de captura a distintas distancias de la fuente de generación del contaminante.

Finalizada la evaluación, se obtuvo como resultado la velocidad promedio de captura, equivalente a 0,16 m/s, y al analizar este valor comparándolo con la velocidad de captura sugerida por el INSHT, que se encuentra en el rango de 2.5 m/s – 10 m/s, se concluye que el valor registrado en la medición se encuentra por debajo del valor indicado para realizar la captura del contaminante, por tanto, el sistema de extracción de plomo no es eficiente.

En consecuencia, y con el objetivo de incrementar la eficiencia del sistema de extracción, para proteger adecuadamente a los trabajadores, se formularon las siguientes recomendaciones: primero, la captación lateral del contaminante, para evitar perturbaciones en el trayecto de la sustancia hasta la campana de extracción; segundo, acercar la campana de extracción hacia la tina, para disminuir la distancia que debe recorrer el contaminante para ser captado, y, por último, la limpieza del filtro.

Paralelo a la evaluación del sistema de extracción y sus respectivas medidas de control, se estableció una propuesta de mejora al actual procedimiento de escoriado de Tinas para la captura de plomo, incluyendo el uso del nuevo equipo respirador 3M Jupiter, así como el sellado inmediato de las tolvas contenedoras de escoria de plomo al finalizar el procedimiento.

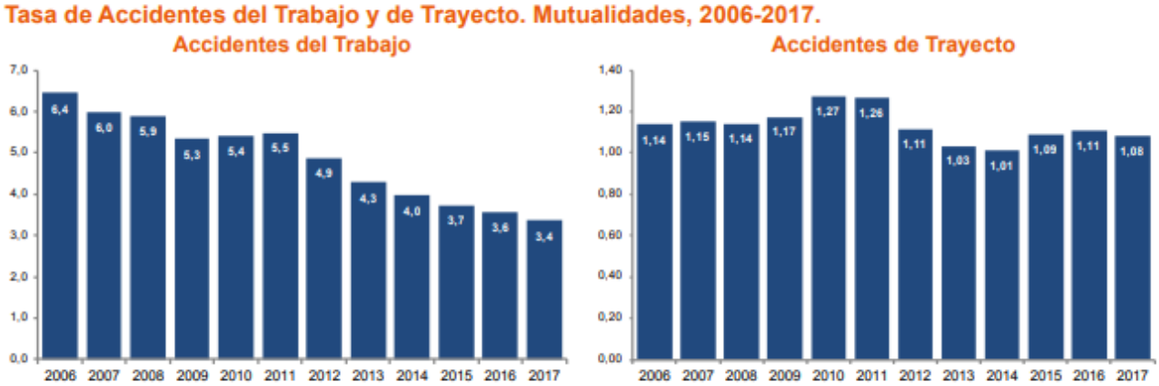
Anexos

Anexo 1: "Tasa de Datos de Accidentes del Trabajo y Número de Accidentes del Trabajo. Mutualidades 2006 – 2017"

Figura 1
Número de Accidentes del Trabajo y de Trayecto. Mutualidades, 2006-2017.

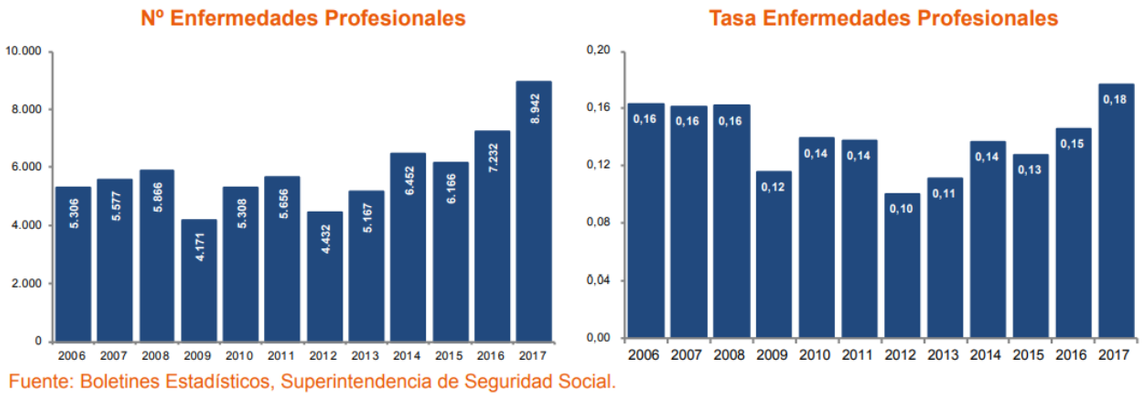
Fuente: Boletines Estadísticos, Superintendencia de Seguridad Social.

Figura 2
Tasa de Accidentes del Trabajo y de Trayecto. Mutualidades, 2006-2017.

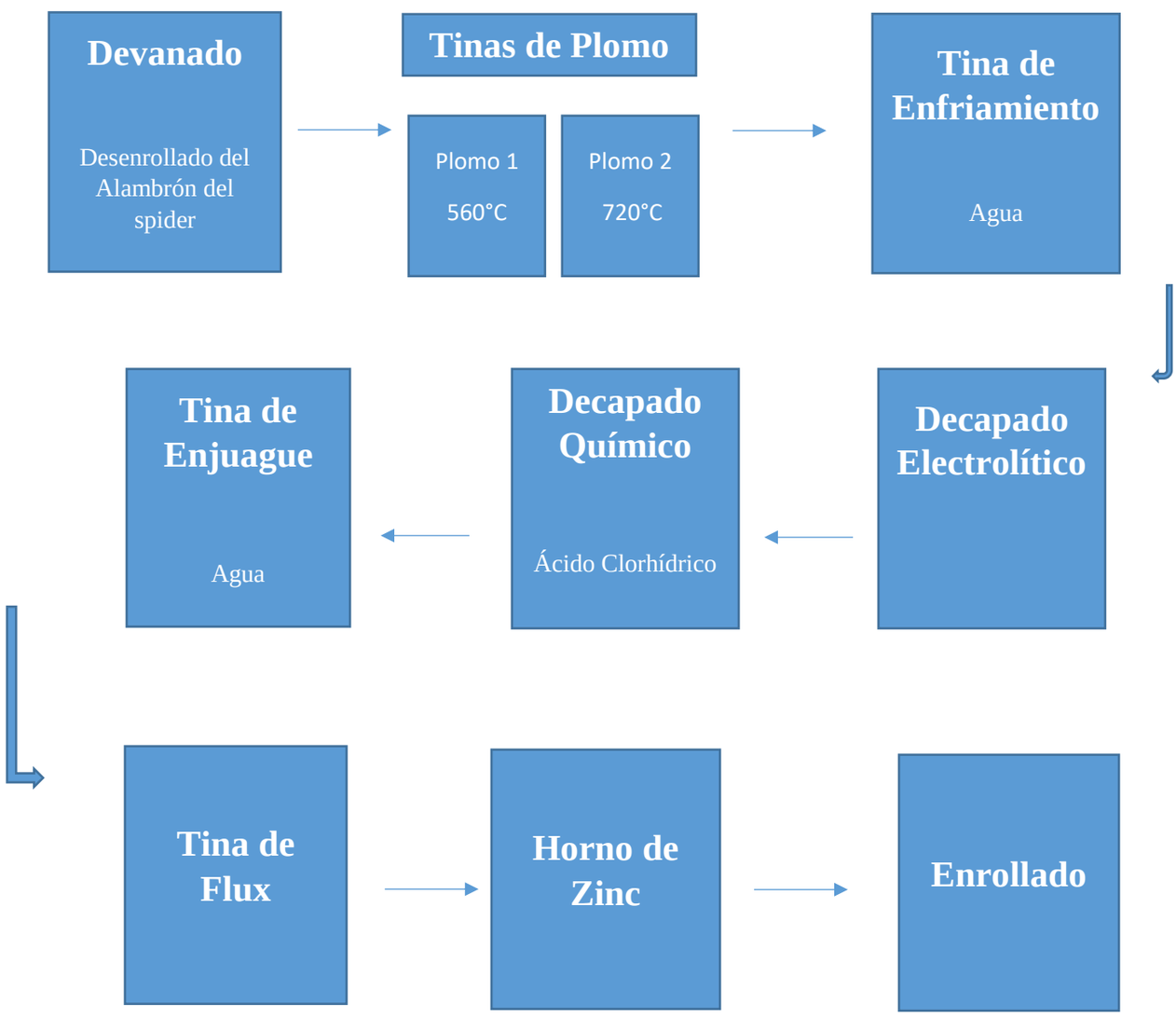


Nota: Tasas por cada 100 trabajadores protegidos.
Fuente: Boletines Estadísticos, Superintendencia de Seguridad Social.

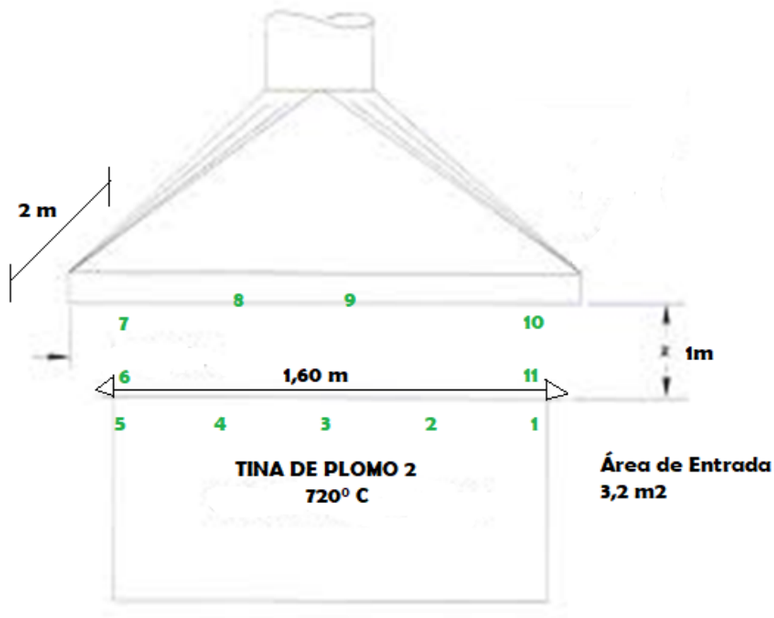
Anexo 2: "Tasa de Enfermedades Profesionales y Número de Enfermedades Profesionales detectadas. Mutualidades 2006 – 2017"



Anexo 3: "Diagrama de Proceso Productivo de la línea 40 H – 1"



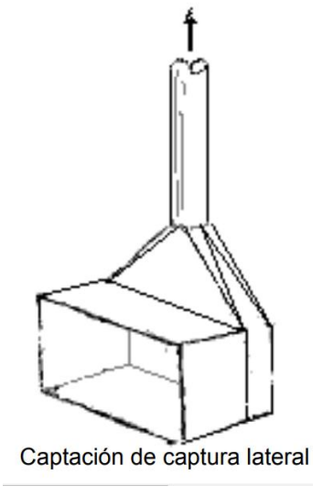
Anexo 4: "Marcas de Muestreo en el Extractor de la Línea 40 – H1"

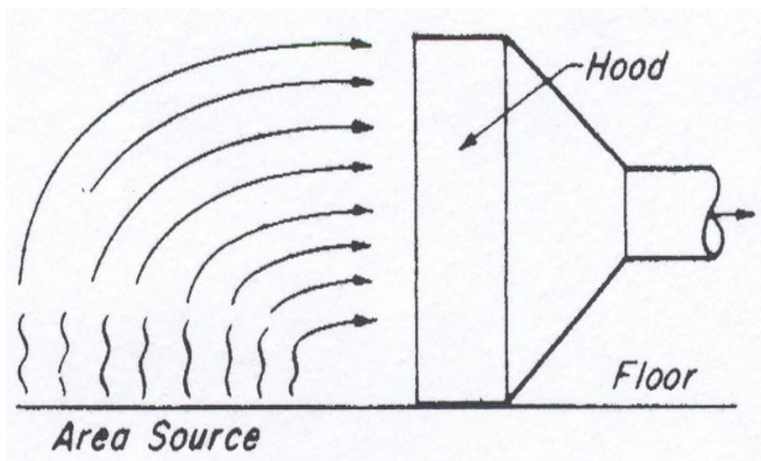


Anexo 5: "Tabla de Promedio de Velocidades registradas durante el Muestreo"

TIEMPO	PROMEDIO	
	°C	m/s
10´	27,4241379	0,04896552
20´	30,068693	0,04765957
30´	28,7890675	0,01900322
40´	27,1528428	0,01471572
50´	26,2194175	0,08987055
60´	29,5204969	0,04354037
70´	28,9894737	0,13622807
80´	33,2343434	0,09661616
90´	33,4414508	0,17046632
100´	33,7878378	0,56648649
110´	33,6867347	0,53132653
PROMEDIO	30,2104087	0,1604435

Anexo 6: "Modelo de Extracción Lateral de Contaminante"





Anexo 7: "Procedimiento de Uso de Equipo de Protección Respiratoria Marca 3M, System Versaflo M-400 más Turbocompresor de Aire"

El Respirador consta de tres partes, casco de aire, manguera de respiración y cinturón con Motoventilador (con su correa de ajuste) y sus respectivos filtros. Para ser usado, el equipo debe ser calibrado usando el "Tubo de Calibración", y luego verificar el caudal utilizando el "Tubo Indicador de Caudal". Una vez realizada la calibración y verificado el caudal, el equipo puede ser utilizado. Durante su uso, la manguera de respiración debe estar por la espalda del trabajador, y no debe ser desconectado hasta hacer abandono del área contaminada.

Casco 3M Versaflo serie M-407

Manguera de Respiración

Cinturón con Moto ventilador y filtros

Bibliografía

3M. (Enero de 2011). *3mchile.cl*. Obtenido de https://multimedia.3m.com/mws/media/795855O/3m-respirator-motorizados-brochure-es.pdf

Agencia para sustancias tóxicas y Resgistro de Enf. (6 de Mayo de 2016). *www.atsdr.cdc.gov*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

Artralgia. (03 de Mayo de 2018). *www.artralgia.org*. Obtenido de https://www.artralgia.org/

Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. (28 de Enero de 2018). *medlineplus.gov*. Obtenido de https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003088.htm

Dirección del Trabajo. (8 de Octubre de 2018). *www.dt.gob.cl*. Obtenido de http://www.dt.gob.cl/portal/1626/articles-95516_recurso_1.pdf

Georgina Hernando. (04 de Mayo de 2017). *www.infowod.com*. Obtenido de https://infowod.com/fatiga-muscular-mala-alimentacion-deporte/

Guía de Valoración de Incapacidad Laboral . (12 de Marzo de 2010). *www.iscii.es*. Obtenido de http://www.isciii.es/isciii/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/guia_de_valoracion_de_incapacidad_laboral_para_ap.pdf

Instituto de Salud Pública. (17 de Enero de 2014). *www.ispch.cl*. Obtenido de http://www.ispch.cl/sites/default/files/D002-PR.500.02.001%20Guia%20cuantitativa%20sistemas%20de%20ventilacion%20localizada.pdf

Instituto Departamental de Salud de Nariño. (12 de Julio de 2010). *idsn.gov.co*. Obtenido de http://idsn.gov.co/site/images/laboral/vent_industrial.pdf

Instituto Nac. de Seguridad y Salud en el Trabajo. (20 de Abril de 2014). *stp.insht.es*. Obtenido de http://stp.insht.es/stp/basequim/020-sangrado-de-hornos-de-fundici%C3%B3n-rotatorios-para-la-recuperaci%C3%B3n-secundaria-de-plomo

Laurence Knight. (19 de Octubre de 2014). *www.bbc.com*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/10/141016_los_peligros_del_plomo_fin de_bd

Mayo Clinic. (08 de Marzo de 2018). *www.mayoclinic.org*. Obtenido de https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/meralgia-paresthetica/symptoms-causes/syc-20355635

Ministerio de Salud. (22 de 12 de 2018). *www.minsal.cl*. Obtenido de https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia_Clinica_Vigilancia_Plomo_final.pdf

Ministerio del Trabajo. (23 de Enero de 1968). *www.leychile.cl*. Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=28650

Ministerio del Trabajo. (17 de Septiembre de 2005). *www.leychile.cl*. Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302

Ministerio del Trabajo. (5 de Octubre de 2006). *www.leychile.cl*. Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=254080&r=2

Mundo HVAC&R. (Febrero de 2006). *www.mundohvacr.com*. Obtenido de https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/ventilacion-industrial-una-necesidad-para-preservar-la-salud-de-sus-empleados/

Organización Mundial de la Salud. (22 de 12 de 2018). *www.who.int*. Obtenido de https://www.who.int/suggestions/faq/es/

Salud, M. d. (22 de 12 de 2018). *www.minsal.cl*. Obtenido de https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia_Clinica_Vigilancia_Plomo_final.pdf

Salud, M. d. (22 de 12 de 2018). *www.minsal.cl*. Obtenido de https://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Guia_Clinica_Vigilancia_Plomo_final.pdf

Superintendencia de Seguridad Social. (Abril de 2018). *www.suseso.gob.cl*. Obtenido de http://www.suseso.gob.cl/607/articles-496701_archivo_01.pdf

Testo. (Octubre de 2015). *es.rs-online.com*. Obtenido de https://es.rs-online.com/web/p/anemometros/9132575/

www.leychile.cl. (20 de 12 de 2018). Obtenido de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=179878