

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA**



**"CARACTERIZACIÓN Y CONTROL DE LA
EXPOSICIÓN PERSONAL A PERCLOROETILENO EN
TRABAJADORES DE LAVASECOS"**

**Antecedentes para una propuesta de prevención y control
de la exposición laboral**

JUAN CARLOS LIZAMA VARGAS

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN SALUD PÚBLICA

PROFESOR GUÍA DE TESIS: DR. DANTE CÁCERES LILLO

Santiago, Noviembre 2016

RESUMEN

En los locales de lavado en seco de ropas se utiliza principalmente el solvente orgánico percloroetileno (PET), el cual genera efectos importantes en la salud de los trabajadores cuando éstos se exponen a concentraciones ambientales mayores a límites permisibles. En Chile se estima del orden de 3.600 los trabajadores que laboran en estas empresas, siendo de importancia de salud pública evitar los efectos de la exposición a PET en esta población laboral, así como en las personas de la comunidad que son usuarios y viven o laboran en la proximidades a estos locales.

En el presente estudio se caracterizó la exposición a PET en trabajadores de lavasecos en base a describir las características de las instalaciones, tecnologías, procesos y procedimientos de trabajo, así como identificar puestos-tareas, asociándolos a su nivel de exposición y finalmente plantear recomendaciones para evitar, disminuir y controlarla.

Se efectuó estudio de la condiciones de trabajo en lavasecos y se consultaron boletines de análisis de laboratorio de una mutualidad, correspondientes a muestreos efectuados en empresas en programas de vigilancia ambiental y de la salud, para el periodo 2007-2013.

Los resultados obtenidos indican que los puestos de trabajo con mayor exposición son Desmanchador, Encargado de Máquina y Planchador, resultando varios trabajadores con altos niveles del indicador biológico Ácido Tricloroacético (TCA) en orina y altas concentraciones de PET en aire a nivel de zona respiratoria, observando que entre un 26 y 33% de las muestras superaron los límites permisibles nacionales, lo que indica que estos trabajadores pueden ver afectada su salud. Los factores principales identificados que explican la condición de exposición son la reducción del ciclo en la máquina de lavado, con lo cual la ropa sale humedecida con PET, ausencia de sistemas de captación en desmanchado y control de máquina a nivel de abertura, limpieza de filtros y retiro de barros, reducida ventilación general de los recintos y posibles fugas en el circuito de carga de PET.

Junto con los antecedentes y resultados señalados, en el estudio se presentan medidas de control posibles de aplicar con el objetivo de evitar la exposición de los trabajadores, incluyendo sustitución del PET, uso de máquinas de la mejor tecnología disponible (5^a generación o superior), ventilación localizada y general y finalmente procedimientos de trabajo tendientes a no tener focos de emisión innecesarios en el proceso y minimizar las condiciones de exposición de los trabajadores.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Higiene Industrial.....	3
2.2	Características de la exposición a Percloroetileno PET.	4
2.2.1	Características del PET y Trabajadores Expuestos.	4
2.2.2	Efectos a la salud por exposición a PET.	6
2.2.3	Límites Permisibles asociados a la exposición a PET.	7
2.2.4	Factores que determinan la exposición a PET.....	10
3.	OBJETIVOS.....	11
3.1	Objetivo General.....	11
3.2	Objetivos específicos (OE).	11
4.	METODOLOGÍA.....	12
4.1	Tipo de estudio.	12
4.2	Universo, Marco Muestral, Unidad de Análisis y Tamaño de la Muestra.	12
4.3	Instrumentos de recolección de la información.	14
4.4	Plan de Análisis.	15
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
5.1	Características generales de las instalaciones de lavasecos, tecnologías utilizadas, procesos y procedimientos (OE1).....	15
5.2	Características de la exposición personal a PET en los trabajadores de lavasecos (OE2).....	23
5.3	Nivel de exposición en trabajadores expuestos a PET en lavasecos (OE3).	25
5.3.1	Características de las muestras.....	25
5.3.2	Muestreos Biológicos.....	26
5.3.3	Exposición Aguda.....	28
5.3.4	Exposición en la Jornada.	31
6.	CONCLUSIONES	34
7.	RECOMENDACIONES DE CONTROL (OE4).....	35
	BIBLIOGRAFÍA.....	52

1. INTRODUCCIÓN

En Chile existe gran cantidad de locales comerciales clasificados como lavasecos/lavanderías que ofrecen el servicio de lavado de prendas de vestir. De acuerdo a información del Servicio de Impuestos Internos el rubro 930100 el año 2014 registraba 945 empresas con un total de 3.574 trabajadores ¹. Un gran porcentaje de éstos utilizan en el proceso de lavado *percloroetileno (PET)*, compuesto que al pasar al ambiente puede generar concentraciones que resultan dañinas para la salud del personal que trabaja en estos locales y molestias tanto a las personas que se encuentran en las proximidades como al público que es atendido, siendo importante que en los sistemas de salud pública, incluida en éstos, los sistemas de salud laboral, se conozcan las características de la exposición a este compuesto y estrategias de control para evitar daños en los trabajadores y comunidad .

El lavado de ropa con solventes orgánicos data desde el siglo XIX, utilizándose inicialmente solventes que junto con las características de remoción de suciedad de las telas, en su manejo generaban problemas de seguridad de incendios y explosiones, reemplazándose luego por otros que reducían este peligro, llegando en la actualidad al uso de compuestos clorados, principalmente el PET, el cual si bien no presenta riesgos por incendios o explosiones, dependiendo del nivel de exposición, puede generar efectos a los trabajadores expuestos en su sistema nervioso central, estando en permanente estudio efectos a hígado y riñones, así como efectos cancerígenos. En la actualidad en Chile este compuesto se utiliza normalmente en lavasecos y no se visualiza en el corto-mediano plazo

reglamentaciones tendientes a restringir su uso cambiando a otros compuestos o tecnologías de lavado, situación que si está ocurriendo en algunos países de Europa y estados de USA.

En general, la evaluación de la exposición en ambientes laborales consiste en aplicar la disciplina de la Higiene Industrial que considera identificar las condiciones de emisión y exposición, luego efectuar a nivel personal muestreos de vapores de solventes orgánicos obteniendo el nivel de las concentraciones de PET en zona respiratoria y comparar estos valores con límites permisibles definidos para proteger la salud de los trabajadores, para finalmente en base a estos resultados plantear estrategias que eviten daños en la salud de las personas a nivel de intervenciones en el ambiente y observación de efectos en la salud del personal expuesto.

En Chile para evaluar y controlar las condiciones de trabajo en lavasecos, normalmente la autoridad sanitaria efectúa inspecciones y por su parte las mutualidades efectúan la vigilancia ambiental de los puestos de trabajo y la vigilancia de la salud de los trabajadores, generándose valiosa información de niveles de exposición y medidas de control para cada empresa, no encontrándose en el país estudios que analicen la condición global de exposición a PET en este rubro, similares a estudios efectuados en USA y Europa. De acuerdo a lo indicado, para lavasecos se estima importante analizar la información de evaluaciones de la exposición personal a PET que se da en estos recintos, mediante un estudio que permita caracterizar el riesgo de los trabajadores en este rubro, que entregue información de apoyo a la vigilancia ambiental y médica y permita evitar efectos nocivos en su salud, teniendo presente en una dimensión de salud pública, que al controlar los ambientes laborales en que se utiliza PET, también se

tendrá un impacto positivo de eliminación o reducción de la exposición en los habitantes de la ciudad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Higiene Industrial.

Para evaluar el riesgo de efectos en la salud originados por distintos agentes presentes en ambientes laborales, la metodología que se utiliza está establecida en la disciplina de la Higiene Industrial, la cual considera básicamente las etapas de Reconocimiento, Evaluación y Control².

La etapa de **Reconocimiento** incluye la identificación de los agentes de riesgo, en lavasecos en relación a agentes químicos principalmente el compuesto PET, y los factores que determinan la exposición de los trabajadores: identificación del peligro, es decir la toxicidad intrínseca del agente, condiciones de emisión, condiciones de ventilación, relación foco de emisión tareas de los trabajadores, así como las características de tiempo y magnitud de la exposición, entre otros factores, elementos que permiten caracterizar el riesgo en los trabajadores expuestos.

La etapa de **Evaluación** se realiza en base a metodología estandarizada de muestreo de ambientes laborales, normada en el país por el Instituto de Salud Pública de Chile, ISP, la que consiste en efectuar muestreos ambientales y personales a los trabajadores expuestos³, incluyendo monitoreo biológico del metabolito Acido Tricloro Acético (TCA) en orina y muestreos de PET en el aire del ambiente de trabajo a nivel de zona respiratoria del trabajador.

En la etapa de **Control** se analizan medidas que permitan evitar la exposición de los trabajadores, las cuales se definen de acuerdo al levantamiento de información obtenida en las etapas anteriores, estableciendo una jerarquía desde "Técnicas" que permitan eliminar el agente de riesgo o reducir su presencia a niveles aceptables, a "Protección Personal", pasando por medidas de tipo "Administrativas" que incluye procedimientos de trabajo, capacitación del personal y otras medidas similares.

2.2 Características de la exposición a Percloroetileno PET.

2.2.1 Características del PET y Trabajadores Expuestos.

De acuerdo a la Organización al Mundial de la Salud, se entiende por exposición personal a un agente ambiental al contacto de una sustancia con la frontera del cuerpo de un individuo, la que estará definida por los siguientes parámetros: vía de exposición, ruta, magnitud, frecuencia y duración⁴, los que se analizarán de acuerdo a las condiciones y procedimientos de trabajo que se dan en lavasecos.

El PET o Tetracloroetileno, N° CAS 127-18-4, es un líquido incoloro, volátil, olor a éter que se usa industrialmente como desengrasante para limpieza de metales y principalmente como solvente en limpieza en seco de ropa^{5, 6}, lo que implica por una parte el posible contacto con los trabajadores y exposición de éstos en la industria metalmecánica y lavasecos. Por otra parte, existe riesgo de exposición en la población general que vive en las cercanías de estas industrias y lavasecos y del público usuario de los servicios de lavandería.

Se cree que a través de un descubrimiento fortuito en Francia en el año 1825, se observó el efecto removedor de un líquido combustible utilizado en una lámpara con el cual se eliminaron manchas en un mantel, este suceso dio inicio al uso de solventes orgánicos del tipo turpentine, kerosene y benceno en las lavanderías, los cuales si bien tenían un buen efecto de limpieza de las prendas, presentaban como principal desventaja la alta inflamabilidad de los líquidos, lo que originaba riesgos importantes de incendios y explosiones. Debido a esta situación se buscaron otros solventes tal como el *stoddard solvent* y luego en los años 1940-1950 se introdujeron los compuestos clorados como el tetracloruro de carbono, tricloroetileno, tetracloroetileno y clorofluorocarbono, los cuales no son inflamables; de éstos en la actualidad el de uso prácticamente exclusivo en lavasecos es el PET, ya que los otros productos presentan problemas toxicológicos y ambientales más severos⁷.

En estudios efectuados por la organización norteamericana National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, se estima que en los años 80 el 90% de los lavasecos de USA usaban PET, con una población de trabajadores del orden de 150.000 – 370.000, en 48.000 locales en el país, de los cuales el 70% tenía entre 1 y 4 trabajadores⁷. En un estudio más reciente efectuado en España se encontró que en el Principado de Asturias al año 2008 – 2009 se tenía un total de 114 empresas del tipo lavasecos que usaban PET, de las cuales el 65% tenía 4 o menos trabajadores⁸.

En Chile no se ha publicado un estudio similar a los señalados, sin embargo si se considera información del Servicio de Impuestos Internos al año 2014, para la actividad económica

"Lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, incluso las limpiezas en seco" se tiene un registro de 945 empresas con un total de 3.574 trabajadores¹.

2.2.2 Efectos a la salud por exposición a PET.

Si bien el PET no presenta los riesgos de incendios y explosiones asociados a los solventes orgánicos inflamables, la exposición en las personas genera diversos efectos nocivos que van desde irritaciones en ojos y síntomas al sistema nervioso central que incluyen dolor de cabeza, mareos, somnolencia, descoordinación y efectos anestésicos⁶, a alteraciones en hígado y riñones⁹.

Respecto a efectos cancerígenos el PET es calificado como tipo 2A por la organización International Agency for Research on Cancer, IARC¹⁰, que señala a este químico como probablemente cancerígeno en humanos, calificación establecida por IARC en el año 1995 en base a varios estudios que indican asociaciones entre exposición a PET y cáncer al esófago, cuello uterino y non-hodgkin linfoma, manteniendo en el año 2012 esta clasificación en base a asociación positiva de exposición a PET y cáncer en vejiga; adicionalmente se tienen algunas otras evidencias para cáncer de mamas, vejiga y riñones¹¹. Además de efectos cancerígenos, el PET ha sido permanentemente estudiado en relación a efectos reproductivos y genéticos, sin embargo no se tienen evidencias concluyentes en este sentido¹².

La principal vía de ingreso de este solvente en los trabajadores y personas de la comunidad que pudieran exponerse, es a través

de la inhalación de vapores; una vez que el compuesto ha ingresado al organismo se tiene que una importante cantidad, del orden del 80-90%, es eliminado en el aire exhalado, con una vida media del orden de 3 horas en la primera fase, una fracción es almacenada en el tejido graso donde puede permanecer varios días o semanas antes de ser eliminado, y otra fracción, entre 1 y 3%, se transforma dando origen a otros químicos incluyendo los compuestos Ácido Tricloroacético y Tricloroetanol, metabolitos que son excretados en la orina en unos pocos días¹³.

2.2.3 Límites Permisibles asociados a la exposición a PET.

Para controlar los ambientes de trabajo, la normativa nacional exige que en estos ambientes se mantengan niveles de concentración inferiores a límites permisibles, que están definidos en Decreto Supremo N°594/1999 del Ministerio de Salud (MINSAL), cuyos valores son¹⁴:

- Límite Permisible Ponderado, LPP= 22 ppm (partes por millón), equivalente a 149 mg/m³ a nivel de mar.
- Límite Permisible Temporal, LPT= 100 ppm (partes por millón), equivalente a 685 mg/m³ a nivel del mar.

El límite LPP, establecido para controlar la exposición crónica, está definido como "Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existente en los lugares de trabajo durante la jornada normal de 8 horas diarias, con un total de 45 horas semanales."

Por su parte el límite LPT, establecido para controlar exposición aguda, está definido como "Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos en los lugares de trabajo, medidas en un periodo de 15 minutos continuos dentro de la jornada de trabajo."

Este mismo decreto clasifica al PET como sustancia tipo A.3 "no se ha demostrado que sea cancerígena para seres humanos, pero sí lo es para animales de laboratorio" ¹⁵, criterio tomado en base a lo señalado por la organización American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH⁶ y que en general coincide con la clasificación 2A establecido en la organización IARC¹⁰.

Es importante señalar que los límites permisibles nacionales están vigentes desde el 24 de abril del año 2015, los cuales se han definido en base a límites recomendados desde 1993 a la fecha por la organización norteamericana, ACGIH⁶, que se señalan a continuación:

- Límite Treshold Limit Value - Time Weigthed Average, TLV-TWA = 25 ppm, límite definido para una exposición semanal de 40 horas.
- Límite Treshold Limit Value - Short Time Exposure Level, TLV-STEL = 100 ppm, limite definido para exposiciones de 15 minutos.

El valor LPP en nuestra legislación se ha estimado del valor TLV-TWA considerando corrección por la jornada de trabajo en Chile de 45 horas a la semana, en relación a la jornada de 40 horas que se tiene en USA.

El valor LPT se corresponde con el límite TLV-STEL.

Como indicador biológico el Decreto Supremo N°594/1999 establece Límites de Tolerancia Biológica, LTB, definiendo para el PET la concentración del metabolito Ácido Tricloroacético (TCA) en orina, según el siguiente valor¹⁶:

- Límite de Tolerancia Biológica, LTB= 7 mg TCA/L orina.

Nivel que debe ser controlado en muestreos efectuados al fin del turno de trabajo, final de la semana de trabajo.

El límite LTB, está definido como "Cantidad máxima permisible en el trabajador de un compuesto químico o de sus metabolitos, así como la desviación máxima permisible de la norma de un parámetro biológico inducido por estas sustancias en los seres humanos."

El valor adoptado en Chile, corresponde a uno de los 3 indicadores de exposición BEI (Biological Exposure Index), recomendados por la organización americana ACGIH, en los años 1987 al 1991, que se indican a continuación¹³:

- Percloroetileno en aire exhalado: 10 ppm (previo al último turno al final de la semana)

- Percloroetileno en sangre: 1 mg/L (previo al último turno al final de la semana)
- Ácido tricloroacético en orina: 7 mg/L (fin de semana)

Posteriormente en el año 1993, ACGIH al bajar los límites ambientales en un 50%, también redujo en la misma proporción los indicadores biológicos de exposición, definiendo para el Ácido Tricloroacético en orina un BEI de 3,5 mg/L, que se estima debería ser el LTB en Chile.

A partir del año 2009 la organización ACGIH, eliminó el indicador biológico ácido tricloroacético en orina, recomendando los siguientes indicadores BEI:

- Percloroetileno en aire exhalado: 3 ppm (previo al turno)
- Percloroetileno en sangre: 0,5 mg/L (previo al turno)

2.2.4 Factores que determinan la exposición a PET.

La concentración de PET en los ambientes de trabajo de lavasecos depende de varios factores, siendo relevante el nivel de tecnología de las máquinas disponibles en el local y los procedimientos de trabajo. Es así como en general con máquinas antiguas es más probable se den condiciones de sobreexposición respecto a locales con máquinas nuevas, mientras que si entre los procedimientos de trabajo se reducen los ciclos de proceso, la ropa que sale de las máquinas puede contener PET residual que se emite al ambiente de trabajo generando concentraciones mayores a los límites permisibles ^{17, 18, 19}. En

este sentido un elemento importante a analizar en el diagnóstico de las condiciones de exposición de las empresas a evaluar, es el tipo de máquinas que se disponen, los procedimientos de trabajo empleados, además de las condiciones de ventilación de máquinas/equipos y recintos.

En nuestro país se observa una presencia importante de lavasecos, siendo necesario conocer el nivel tecnológico de las instalaciones utilizadas y de exposición en relación a límites de exposición recomendados, junto con los factores que la determinan, lo cual permitirá establecer estrategias de control que lleven a mantener el riesgo en niveles aceptables.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General.

Caracterizar la exposición personal a percloroetileno (PET) en microambientes de trabajadores de lavasecos adheridos a una mutualidad en el periodo 2007 - 2013.

3.2 Objetivos específicos (OE).

- 1) Describir para los lavasecos las características generales de las instalaciones, tecnologías utilizadas, procesos y procedimientos de trabajo.
- 2) Describir las características de exposición personal a PET en los trabajadores según función realizada.

- 3) Estimar el nivel de exposición en los trabajadores expuestos a PET.
- 4) Desarrollar recomendaciones para evitar y/o disminuir la magnitud de la exposición a PET en las personas y el ambiente laboral.

4. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de estudio.

Se realizó un estudio transversal de tipo descriptivo.

4.2 Universo, Marco Muestral, Unidad de Análisis y Tamaño de la Muestra.

El universo son los centros de trabajo lavasecos instalados en el país que utilizan máquinas de lavado que emplean PET. El marco muestral son lavasecos adheridos a una mutualidad en los que se han efectuado evaluaciones ambientales y biológicas. La unidad de análisis son los registros de mediciones de PET realizadas a los trabajadores de lavasecos entre los años 2007 - 2013, las que corresponden a muestreo personal de PET en aire, 130 muestras, en empresas que estaban en programa de vigilancia ambiental y muestreo del metabolito Ácido Tricloroacético, 519 muestras, en empresas que estaban en programa de vigilancia epidemiológica, obtenidas según metodología estandarizada establecida por el Instituto de Salud Pública, ISP, cuyos valores se comparan con límites permisibles establecidos en el Decreto Supremo N°594/1999 del Ministerio de Salud (MINSAL). Se estima que los procesos y

procedimientos de trabajo en los distintos lavasecos son homogéneos y estandarizados.

Las muestras personales de PET en aire se obtienen mediante una bomba de succión calibrada a una caudal nominal de 65 cc/min ubicada en las ropas del trabajador (normalmente en su cinturón), la que se conecta mediante una manguera flexible a un tubo que contiene carbón activado, el que se ubica en un soporte fijado próximo a la zona respiratoria del trabajador (Fig. N°1). Durante las labores normales del trabajador el equipo de muestreo se mantiene junto con éste en la posición descrita, periodo en el cual circula aire por el tubo de carbón activado quedando el PET adsorbido en éste así como otros solventes orgánicos que pudieran existir en el ambiente de trabajo. Concluido el muestreo el tubo se desmonta, se sellan sus extremos y es trasladado al laboratorio para su análisis por cromatografía gaseosa.



Fig. N°1.- Equipo de muestreo de vapores orgánicos en aire

Respecto a las muestras biológicas éstas son tomadas por personal de Medicina del Trabajo de acuerdo a Programa de Vigilancia, para lo cual se visitan las empresas en horas de fin de turno, solicitando a los trabajadores en programa muestras de orina en frascos plásticos de 100 cc preparados e higienizados para este objetivo, los que luego se llevan al laboratorio para análisis de Ácido Tricloacético (TCA) mediante método espectrofotométrico con piridina.

4.3 Instrumentos de recolección de la información.

Para dar respuesta al OE 1, se describieron los lugares de trabajo típicos en cuanto a espacios, equipos y tecnología, procedimientos y ciclos de trabajo, identificando las tareas y las emisiones (básicamente PET y en menor uso otros solventes orgánicos) asociadas.

Respecto al OE 2 se analizaron los resultados desde boletines de análisis de laboratorio de muestreos realizados por una mutualidad, los cuales se vaciaron a una base de datos en planilla Excel. En los casos que se dispuso de información, estos resultados se asocian con las tareas realizadas durante el período de toma de muestra.

Para el OE 3, en base a los resultados obtenidos se evalúa el nivel de riesgo comparando las concentraciones personales obtenidas con límites de exposición nacionales actualizados, Decreto Supremo N°594/1999 del MINSAL.

Para el OE4 se entregan medidas de prevención dirigidas a las empresas (empresarios, ejecutivos, jefaturas y trabajadores) para evitar exponerse a niveles sobre los límites permisibles. Este material

se prepara considerando lo establecido en lo que se conoce como el “derecho a saber” en Decreto Supremo N°40/1969 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social²⁰, que en su Artículo 21° establece la obligación del empleador de informar a sus trabajadores de los riesgos en los lugares de trabajo, medidas preventivas y correctos métodos de trabajo.

4.4 Plan de Análisis.

Se realizó en primera instancia una descripción de todas las variables en estudio, considerando estadígrafos descriptivos de posición y dispersión para las variables determinadas. Los resultados de concentración de TCA en orina y PET en aire se presentan en tablas, gráficos y figuras según corresponda. Éstos a su vez se compararon con los estándares nacionales utilizados como referencias en esta actividad laboral, estableciendo en que magnitud la concentración de monitoreos y muestreos resultó en relación al respectivo estándar. Se analizó la información usando los programas Excel de Microsoft y Stata/SE 12.0 para Windows en sus funciones estadísticas y gráficas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Características generales de las instalaciones de lavasecos, tecnologías utilizadas, procesos y procedimientos (OE1).

En esta investigación se ha encontrado que en general los locales lavasecos analizados, son similares a los descritos por distintos autores como en NIOSH⁷, Earnest, et. al.¹⁷, Juanes, et. al.⁸, Robles²¹ y Daza²², los cuales disponen de un recinto en el que se ubican

máquinas y elementos de trabajo como el presentado en la Fig. N°2, que corresponde a un esquema de uno de los lavasecos estudiados, el cual representa en buena forma a este tipo de instalaciones.

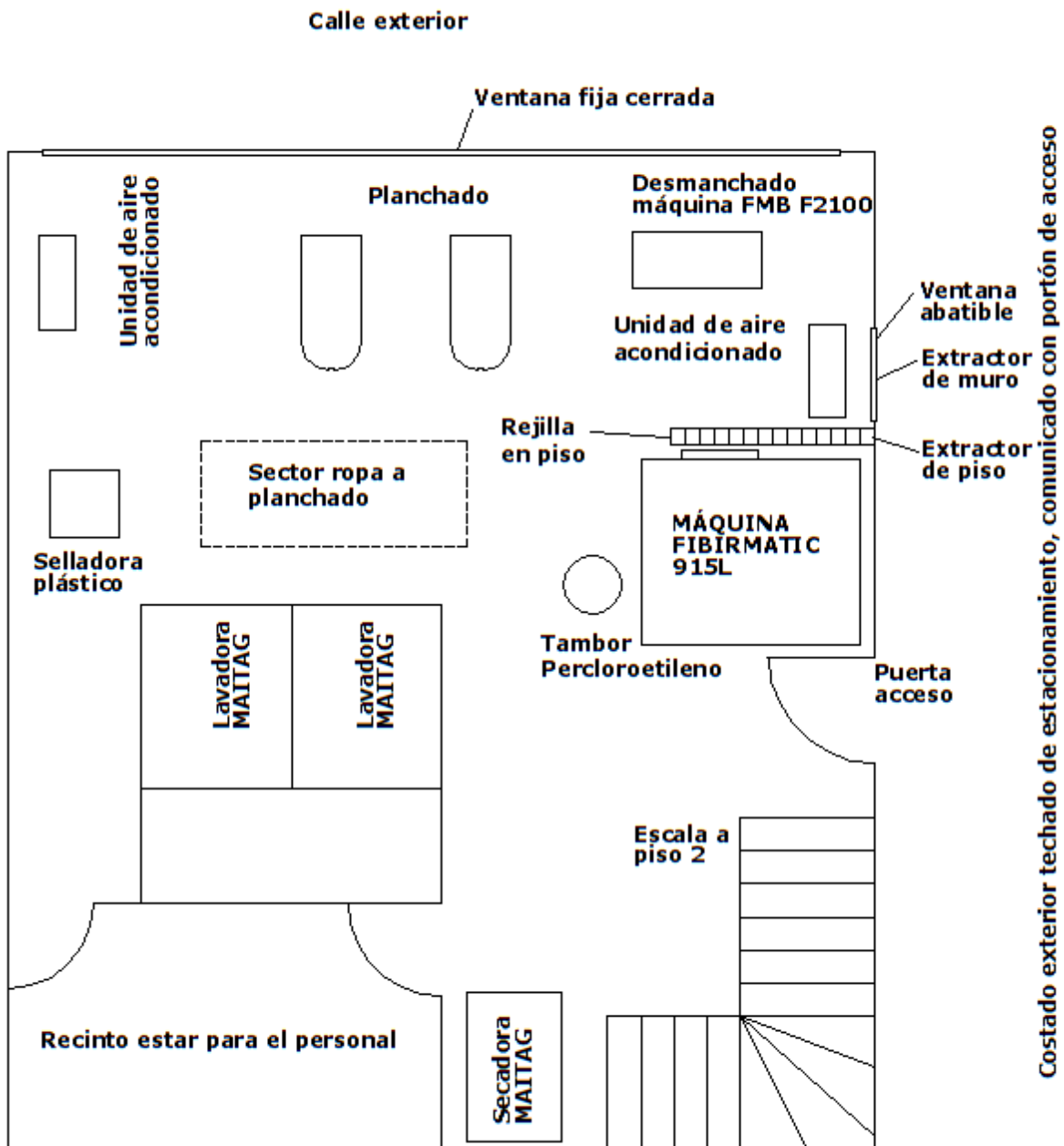


Fig. N°2.- Esquema local lavaseco típico

En el proceso de trabajo se identifican las siguientes etapas:

- Recepción de prendas
- Inspección y selección
- Desmanchado
- Carga a máquina de lavado
- Cerrado de máquina y ciclo de lavado en ésta
- Descarga
- Planchado
- Embolsado
- Entrega de ropa

Adicionalmente se efectúan tareas de mantención de la máquina: limpieza de filtros, eliminación de residuos y carga de PET.

Las condiciones específicas de trabajo para el local indicado en Fig. N°2 se presentan a continuación. En un sector próximo al acceso se tiene una máquina lavaseco Firbimatic 915 L (Fig. N°3) que utiliza PET; en sector frente a esta máquina se ubica una estación de desmanchado con una máquina FMB F2100 (Fig. N°4) en la que se utilizan varios productos: Stree PRO®, Stree TAN®, Stree TEX®, Picrin® y Pyratex®, y un área de planchado, junto con lavadoras base agua y secadora marca Maitag. Junto a la máquina lavaseco se tiene un tambor de 190 L de PET, el cual permite cargar el solvente a la máquina mediante una bomba en un circuito cerrado, estimándose para este local un consumo de 1 tambor cada 3 meses.



Fig. N°3.- Máquina Firbimatic 915L (frente)



Fig. N°4.- Desmanchadora FBM F2100

La máquina lavaseco trabaja en ciclos del orden de 45 a 60 minutos de duración, iniciándose el trabajo con la apertura de puerta frontal y carga de ropa, luego se cierra la puerta y se activa el programa de lavado, el cual de acuerdo al tipo de ropa puede tener una etapa previa de prelavado con un líquido más sucio; en esta etapa el solvente ingresa al cilindro central giratorio de la máquina a temperatura ambiente poniéndose en contacto con la ropa.

Concluido el lavado el solvente se retira a uno de los 3 estanques inferiores o a estanque de la caldera de recuperación de la máquina y se inicia un proceso de secado, en el cual se hace pasar aire caliente a 65°C para evaporar el solvente contenido en la ropa, conduciendo este aire hacia un circuito de refrigeración para recuperar el solvente y luego calentar el aire y retornarlo a la máquina en un circuito cerrado; este secado se efectúa durante 10 a 20 minutos, existiendo una opción “dry control” en el programa de secado que exige aumentar el tiempo de esta etapa si se detecta presencia de solvente líquido en la ropa.

Posterior al secado, la máquina se abre, momento en que, de acuerdo a lo informado por el Encargado de Mantenimiento de este local, se activaría un sistema de extracción que generaría una succión a nivel de puerta, conduciéndose el aire hacia un filtro de carbón activado que descarga en la sala (Fig. N°5), y la ropa se retira hacia un carro, procediéndose a colgarla en ganchos, disponiéndola para el planchado.

Cada 2 ciclos de lavado se efectúa la limpieza de filtro de pelusas del circuito interno de aire de secado y cada 6 meses se cambia el carbón del filtro en la corriente de aire de descarga, junto con el carbón del filtro decolorante en circuito de solvente.



Fig. N°5.- Máquina Firbimatic 915L (parte posterior)

Una tarea importante de mantención es la correspondiente a la limpieza de la caldera de la máquina Firbimatic (Fig. N°6), la cual se efectúa una vez a la semana todos los lunes, luego que la máquina ha destilado todo el PET, está detenida y en una condición a temperatura ambiente.



Fig. N°6.- Zona Caldera Máquina Firbimatic 915L

El trabajo consiste en abrir la puerta posterior de la caldera, disponer una bolsa plástica en recipiente y retirar desde el interior los barros acumulados, apoyándose con la herramienta mostrada en la Fig. N°6, retirando cada vez del orden de 20 kg que son ubicados en un tambor cerrado que luego es dispuesto por la empresa de acuerdo a su sistema de gestión de residuos. El trabajo lo realiza una persona durante aproximadamente 15 a 20 minutos, utilizando protección personal de manos y vías respiratorias.

Con el objetivo de controlar las emisiones desde la máquina, junto con el sistema de aspiración que se activaría cuando se abre la puerta, se ha dispuesto una rejilla a nivel de piso en la zona frontal de ésta y un extractor de muro bajo la ventana próxima. En pruebas con trazador de humo no se detectó movimiento de aire a nivel de rejilla de piso y tampoco se detectó la activación de algún sistema de

extracción al momento de abrir la puerta, no observando movimiento de aire hacia el interior de la máquina a través de su puerta abierta; respecto al extractor de muro éste no tiene efecto a nivel de puerta de la máquina, observando movimiento de aire sólo en las proximidades del extractor.

En relación al desmanchado, la estación posee un sistema de aspiración con 2 extracciones, una para la tabla principal y otra para un soporte más pequeño para prendas pequeñas, que están conectadas a un extractor centrífugo que se ubica solidario a la máquina, el que a su vez se conecta a un tramo de ducto flexible que descarga al interior del local junto a la máquina.

Dado el nivel de aislamiento o encerramiento que presenta el local, su ventilación es reducida, intercambiándose aire con el exterior sólo por costado Poniente a través de la celosía de puerta de acceso, la cual en ocasiones se abre para aumentar la ventilación, al igual que una ventana abatible ubicada en este mismo costado; sin embargo, esta puerta y ventana se cierran cuando los trabajadores perciben una mala calidad del aire de ingreso. Por otra parte, dada la comunicación que tiene el local con el piso 2 a través de la escalera, se presentan molestias en las oficinas existentes en el piso superior producto de las emisiones generadas en el primero.

Respecto a la ventilación de los locales lavasecos se tienen condiciones variadas, desde espacios sin o reducida ventilación, a otros que poseen sistemas de ventilación localizada y/o general. Si bien en este estudio no se tiene registro del tipo de ventilación asociado a cada muestreo, en el estudio de Juanes, et. al. ⁸, se obtuvo que un 71% de los locales visitados contaban solo con

ventilación por dilución de tipo natural, realidad que podría corresponder también a los locales del país.

5.2 Características de la exposición personal a PET en los trabajadores de lavasecos (OE2).

Las condiciones de trabajo descritas, así como los resultados de muestreos y referencias técnicas revisadas, indican que en condiciones rutinarias las principales condiciones de emisión y exposición a PET son: presencia de PET en la ropa que sale de la máquina debido a reducción de tiempo de secado en programa de trabajo, momentos de apertura frontal de la máquina en carga y descarga de ropa, fallas de sistema de control secundario de aspiración durante apertura por bajo flujo o filtro de carbón saturado, tareas de limpieza de filtros de botones y pelusas. A estas condiciones se deben agregar otros trabajos que se efectúan a una frecuencia menor como la descarga de barros de la caldera y limpieza de filtros de carbón activado, que se efectúa aproximadamente una vez a la semana y cada 6 meses, respectivamente.

Adicionalmente se pueden presentar situaciones de fugas del solvente en los distintos circuitos de la máquina, ya sea en la carga de PET desde estanque de carga, líneas de traspaso y elementos de la máquina.

Para el desmanchado se tiene una condición favorable en el sentido de que se utiliza un sistema de aspiración, sin embargo la descarga de este sistema se realiza en la misma sala, lo cual anula su efecto.

Respecto a los tipos de vapores presentes en el local, además del PET utilizado, se tienen vapores provenientes de los líquidos usados en el desmanchado, cuya composición se revisó en las respectivas hojas de seguridad obtenidas desde página del fabricante²³, identificando Tricloro-etileno contenido en el producto Picrin®, indicándose en estas mismas hojas que los otros productos tienen una fórmula secreta, sin embargo se señalan efectos al inhalar vapores de Pyratec® y Streetex® del tipo irritación a vías respiratorias, así como efectos al sistema nervioso central, lo que recomienda evitar la exposición a estos vapores; los productos StreePro® y StreeTan® se indica no generan problemas por inhalación a temperaturas normales.

En ausencia de sistemas de aspiración localizado que controlen los focos de emisión señalados y en condiciones de baja ventilación general, dado el grado de aislamiento que pudieran presentar los recintos, se pueden alcanzar altas concentraciones de PET en el aire del ambiente de trabajo y con ello niveles altos de ácido tricloroacético en los trabajadores.

Para las tareas descritas en los lavasecos, en la Tabla N°1 se indican los puestos de trabajo encargados de estas tareas.

De estos puestos los trabajadores con mayor exposición se dan en Desmanchado, cuando éste se realiza con PET, Encargado de Máquina y Planchado; el puesto de trabajo Administrativo puede exponerse en forma indirecta por emisiones generadas en los otros puestos.

Tabla N°1.- Puestos de Trabajo y Tareas en Lavasecos

Puesto de Trabajo	Tareas
Administrativo	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción ropas a lavar • Entrega ropa limpia • Pago servicio lavado en caja
Desmanchador	<ul style="list-style-type: none"> • Desmanchado ropa
Maquinista (Encargado Máquina)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga de ropa sucia a máquina de lavado • Control ciclo de lavado-secado en máquina • Limpieza filtro de botones y solvente. • Descarga de ropa desde máquina • Recuperación de solvente (destilación) • Limpieza máquina y retiro borra residual
Planchador	<ul style="list-style-type: none"> • Planchado ropa lavada • Embolsado de ropa limpia planchada

5.3 Nivel de exposición en trabajadores expuestos a PET en lavasecos (OE3).

5.3.1 Características de las muestras.

Las muestras analizadas en este estudio, corresponden a resultados de muestreos biológicos y ambientales a trabajadores de lavasecos consultados desde base de datos de una mutualidad para el periodo 2007 - 2013, los que se obtuvieron de acuerdo a los programas de vigilancia ambiental y de la salud definidos para controlar los ambientes de trabajo y de salud de los trabajadores expuestos, y cuyo número se presenta en la Tabla N°2.

Tabla N°2.- Número de muestras consideradas en el estudio

Muestras	Análisis	Número muestras
Biológicas	Ácido Tricloro Acético en orina	519
Exposición aguda vía aérea	PET en aire	64
Exposición jornada vía aérea	PET en aire	66

Respecto a información epidemiológica asociadas a los trabajadores muestreados, tal como sexo, edad, hábito de fumar, etc., no se tuvo acceso a registros.

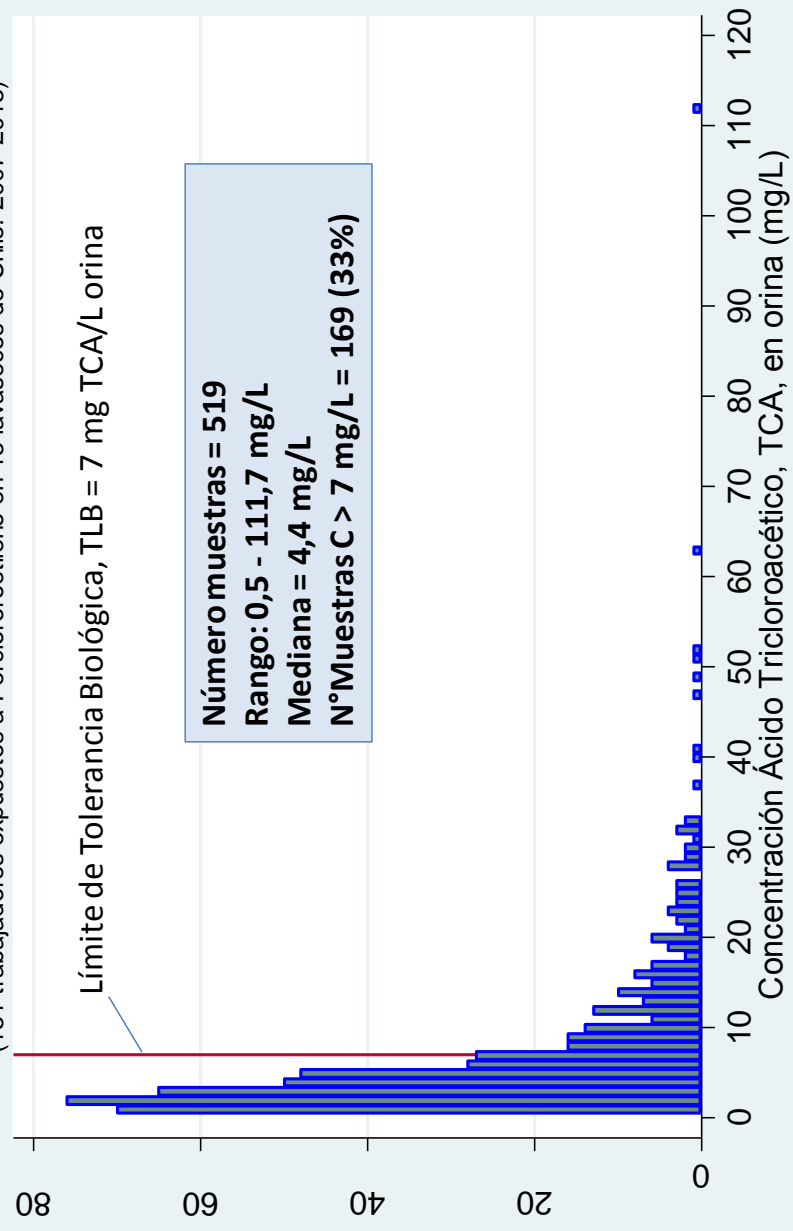
5.3.2 Muestreos Biológicos.

En la Fig. N°7 se presentan los resultados agrupados de 519 muestreos de Ácido Tricloroacético en orina, tomados a 151 trabajadores de 15 lavasecos del país, entre los años 2007 y 2013, ambos inclusive.

De estos resultados se tiene que el rango de mayor frecuencia del indicador biológico de exposición es de entre 2 y 3 mg/L de Ácido Tricloro Acético (TCA) en orina, con una mediana de 4,4 mg/L, observando que un 33% de las muestras superó el Límite de Tolerancia Biológica de 7 mg/L, incluso alcanzando niveles sobre 110 mg/L, lo que indica que los trabajadores de estos lavasecos han inhalado vapores de PET en condiciones de sobre-exposición.

Fig. N°7.- Distribución Concentración Ácido Tricloroacético, TCA

(151 trabajadores expuestos a Percloroetileno en 15 lavasecos de Chile. 2007-2013)



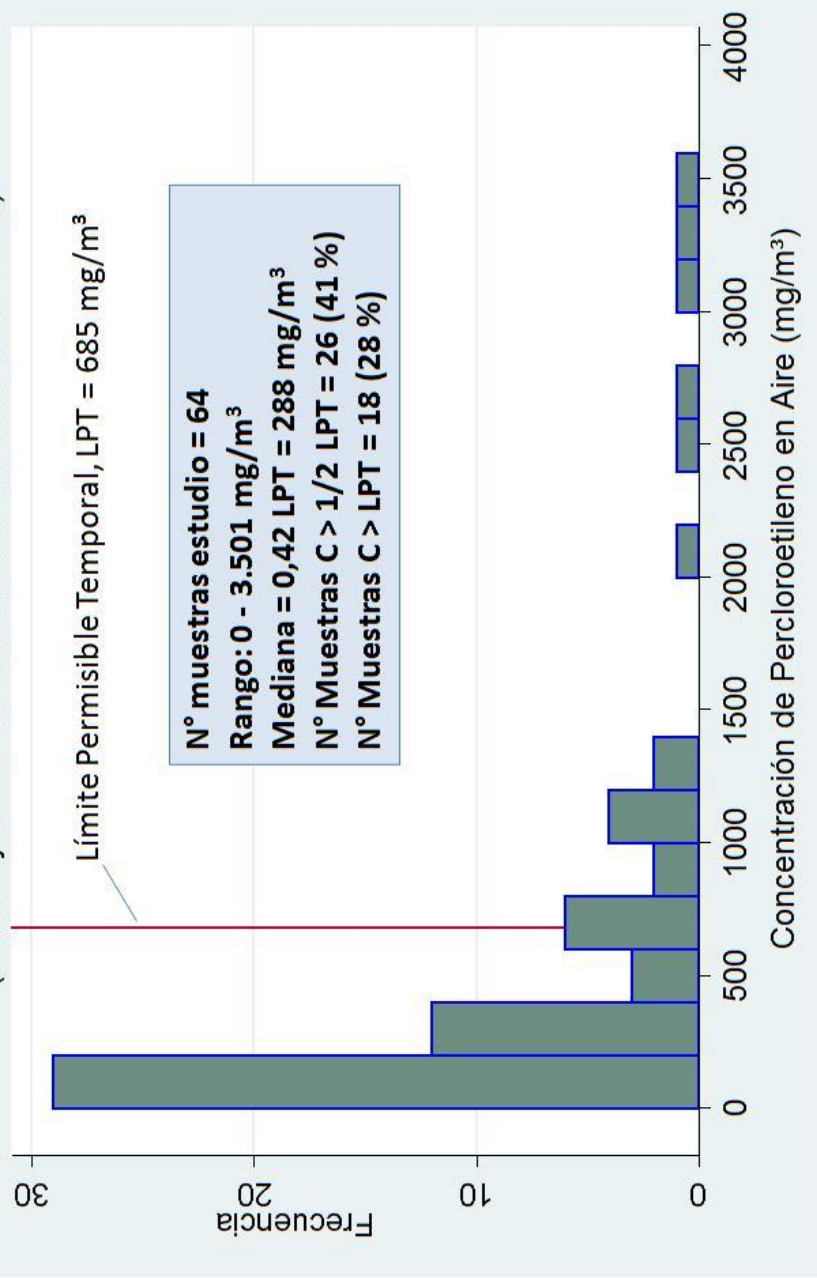
Es importante señalar que los trabajadores que presentan el indicador biológico sobre el Límite de Tolerancia Biológica, son citados al Médico del Trabajo, quien puede solicitar exámenes específicos para evaluar efectos en la salud del trabajador e indicar a la empresa la aplicación de medidas inmediatas para evitar la sobre-exposición, incluyendo el cambio de puesto de trabajo a uno en que no se tenga presencia de PET.

Los resultados presentados en este estudio son significativamente mayores a los presentados por Squillante, et al ²⁴, quien reporta valores de 0,11 +/- 0,17 mg/L, mientras que en estudio de Rastkari ²⁵ se reportan valores aún menores con medias entre 4,04 y 12,72 µg/L, que indica niveles de exposición significativamente altos en los lavasecos nacionales evaluados, lo cual se explica debido a que el programa vigilancia epidemiológica de la mutualidad consultada considera ingresar trabajadores de lavasecos cuya concentración ambiental en aire a nivel de zona respiratoria es mayor al límite de acción (½ el Límite Permisible).

5.3.3 Exposición Aguda.

En la Fig. N°8 se presentan los resultados de 64 muestreos ambientales personales tomadas en cortos periodos de mayor emisión-exposición para 49 trabajadores de 18 lavasecos del país en el periodo 2007 - 2013.

Fig. N°8.- Distribución Concentración Percloroetileno en Aire. Exposición Aguda (49 trabajadores en 18 lavasecos de Chile. 2007-2013)



De estos resultados se observa que un porcentaje significativo de las muestras personales de PET en aire, 41%, están sobre el nivel de acción de 343 mg/m^3 ($\frac{1}{2}$ del LPT), con un 28% de las muestras sobre el límite permisible LPT, que indica que en los lavasecos muestreados se tiene condiciones de sobre-exposición aguda, que se dan en tareas de alta emisión-exposición: desmanchado con PET, apertura y retiro de ropa de la máquina, planchado de ropa con PET residual, y labores de mantención de limpieza de máquina-retiro de lodos, limpieza de filtros, según se detalla en Tabla N°3

Tabla N°3.-Resumen de resultados de muestreos personales PET de corto tiempo en trabajadores de Lavasecos (LPT=685 mg/m^3)

Tarea	Concentración (mg/m^3)
Desmanchado	2.180
Descarga ropa de máquina	2.768 - 3.614
Planchado	1.076-1.364
Limpieza máquina, retiro de barro	706 - 3.501
Limpieza de filtros	1.062 - 3.050

Estos resultados son mayores a los presentados en estudio de NIOSH⁷ y también Viegas²⁶, que en general reportan valores del orden de 1.000 mg/m^3 para distintas tareas en máquinas con diferentes tecnologías, lo que indica que las condiciones en que se efectúan estas tareas en los lavasecos nacionales no permiten evitar que las emisiones de vapores pasen al ambiente donde se

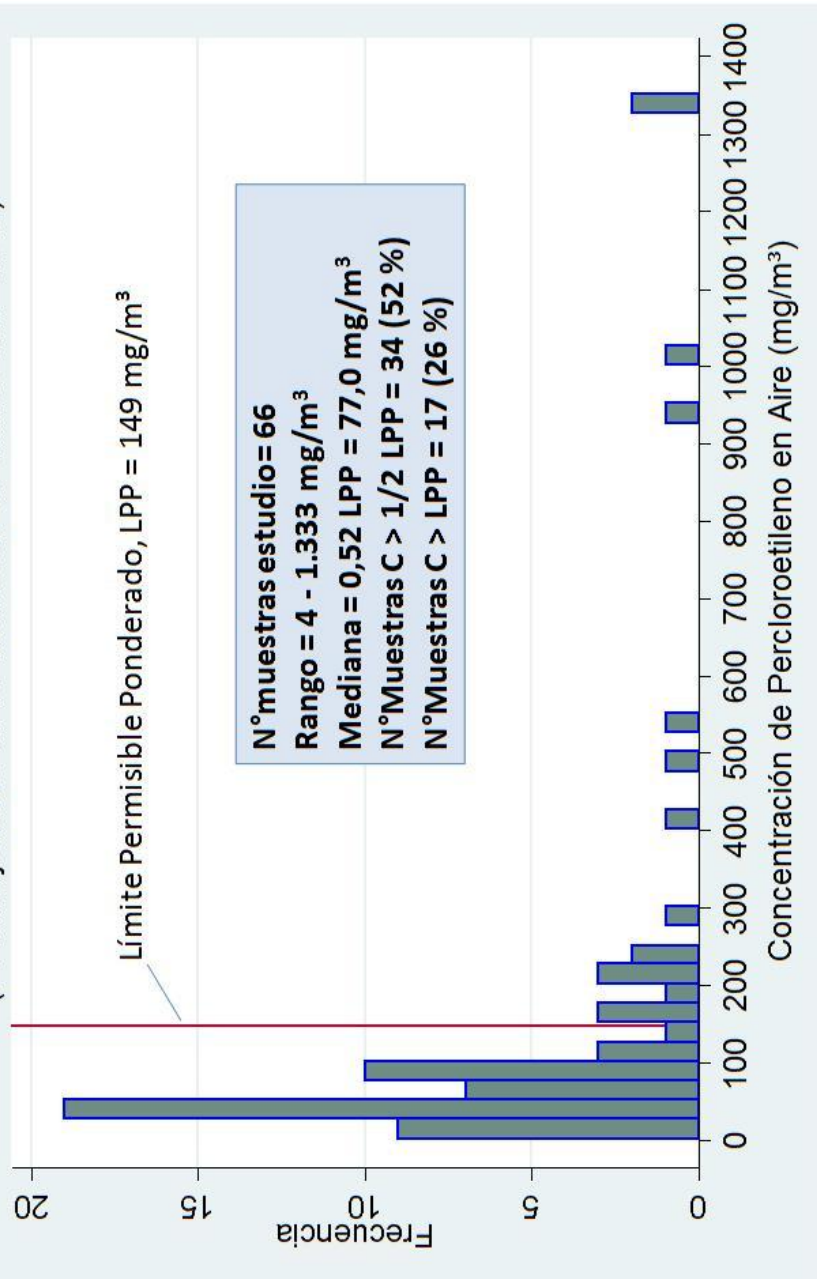
ubica el trabajador. Específicamente se estima que se tiene emisión de vapores sin control en el desmanchado, ciclos incompletos de lavado que reducen el tiempo de secado final y presencia de PET en las ropas que pasan a planchado; también se observa que las tareas de mantención de limpieza de máquina, filtros y retiro de barro genera periodos de intensa exposición.

5.3.4 Exposición en la Jornada.

En la Fig. N°9 se presentan los resultados de 66 muestreos ambientales personales tomadas para evaluar la exposición en la jornada de trabajo para 58 trabajadores de 17 lavasecos del país en el periodo 2007 - 2013.

De estos resultados se observa que un porcentaje significativo de las muestras, 52%, están sobre el nivel de acción de $74,5 \text{ mg/m}^3$ ($\frac{1}{2}$ del LPP), con un 26% de las muestras sobre el límite permisible LPP, alcanzando algunas muestras niveles del orden de 9 veces el límite, resultados que indican que en los lavasecos muestreados se tiene condiciones de sobre-exposición para la jornada.

Fig. N°9.- Distribución Concentración Percloroetileno en Aire. Exposición Jornada
(58 trabajadores en 17 lavasecos de Chile. 2007 -2013)



En general los resultados presentados en este estudio resultaron mayores a los resultados presentados en las diferentes referencias consultadas. Rastkari²⁵ presenta concentraciones estimadas entre 10 y 152 mg/m³, mientras que en estudio de NIOSH⁷ entre 0 y 147 mg/m³, inferiores al Límite Permisible Ponderado nacional; por su parte en el estudio de Lynge, et al²⁷, para instalaciones de lavasecos de países nórdicos (Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suecia), se encontraron niveles de una concentración mediana de 133 mg/m³ en el año 1976 que luego se redujo al año 2000 a 17,9 mg/m³, inferior esta última a la mediana obtenida en nuestro estudio de 77,0 mg/m³. Esta situación nos indica que en el país debemos transitar durante los próximos años a mejorar las malas condiciones de trabajo observadas en los lavasecos para así llegar a estándares de países desarrollados.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados presentados se puede concluir:

- 1) En lavasecos nacionales que utilizan el solvente PET se tiene presencia de vapores de este compuesto en el ambiente de trabajo, obteniéndose que en el orden del 30% de las muestras se superaron los límites de exposición recomendados en Decreto Supremo N°594/1999 del MINSAL, lo cual puede originar efectos dañinos en la salud de los trabajadores.
- 2) Los principales focos de emisión de PET al ambiente se dan en tareas de desmanchado, mantención de la máquina de lavado, apertura de ésta y en ocasiones durante el planchado de prendas.
- 3) Los factores determinantes de la exposición tienen relación con la presencia de focos de emisión no controlados, reducción del ciclo de secado de ropa y reducida o nula ventilación general.

7. RECOMENDACIONES DE CONTROL (OE4)

Los resultados obtenidos en esta investigación, revelan que para el rubro de lavasecos en el país, se presentan condiciones de sobreexposición que pueden dañar la salud de los trabajadores que laboran en estos locales, estimándose que el uso de percloroetileno puede mantenerse por varios años antes que los procesos de trabajo en lavasecos del país se modifiquen sustituyendo este químico, por lo tanto es necesario en el corto plazo aplicar medidas de control que eliminen la exposición o ésta sea reducida a niveles aceptables, con el objetivo de evitar efectos adversos en la población de trabajadores directamente expuestos. En una visión de Salud Pública la aplicación de las medidas de control señaladas, permitirá a su vez a la población usuaria de lavasecos y que vive o labora próxima a estos locales, no exponerse a este químico o probablemente exponerse a niveles aceptables en la ciudad, señalando la Organización Mundial de la Salud²⁸ este nivel como inferiores a $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo este estándar de calidad de aire un 0,15% del límite permisible ocupacional.

Para lograr en los lavasecos un ambiente de trabajo controlado en relación a exposición a percloroetileno, y en base a los antecedentes y resultados presentados, se estima necesario considerar el análisis e implementación de las siguientes medidas de control:

- 1) Evaluar la sustitución del PET en el proceso de lavado de prendas por un solvente o proceso que elimine o reduzca la actual condición de exposición que se tiene en el país.**

Si bien en Chile no existe prohibición de usar PET, así como no se visualiza se aplique alguna prohibición en el corto plazo, es probable que en el mediano-largo plazo el uso de este compuesto en lavasecos se restrinja. En Francia y otros países europeos²⁹, así como en el estado de California y otros estados en USA, se está prohibiendo gradualmente el uso de PET en lavasecos.

Para sustituir el PET en el lavado de prendas de vestir, se han estado diseñando máquinas especializadas *Wetcleaning* que utilizan agua como solvente con un escaso porcentaje de aditivos^{30, 31} y algunos procesos con CO₂ líquido³².

Es recomendable que las empresas del rubro estén consultando permanentemente por nuevas tecnologías de lavado que sustituyan al PET, así como estén alertas a modificaciones legales que prohíban este compuesto en el país.

2) Mientras se siga utilizando PET para el lavado en seco de prendas se recomienda utilizar máquinas de la mejor tecnología disponible, que reduzcan o eliminen emisiones de vapores al ambiente.

En la actualidad es posible encontrar máquinas de 4^a y 5^a generación, las cuales están asociadas a menor emisión y exposición a vapores de PET las que podrían ser consideradas por la autoridad sanitaria en futuras regulaciones. Estas máquinas disponen de un circuito cerrado de recuperación y reciclaje del solvente mediante un condensador durante el secado y un control adicional con carbón activado previo a la apertura de la máquina, tecnología que permite llevar la exposición a concentraciones

medias inferiores a 3 ppm (20 mg/m³) y máximos de entre 10 y 300 ppm (7 y 2.034 mg/m³)^{33, 34}, idealmente la máquina debe incluir un sensor de PET ubicado en el cilindro y un mecanismo que impida abrir la máquina en concentraciones mayores a 100 ppm (685 mg/m³), nivel correspondiente al Límite Permisible Temporal, LPT, al finalizar la etapa de secado del ciclo de lavado.

3) Ajustar los programas de trabajo de la máquina de lavado, considerando tiempos de secado que reduzcan al mínimo la presencia de PET en las ropas al final del ciclo de lavado.

Para la máquina que se disponga en el lavaseco, se recomienda ajustar el tiempo de secado de acuerdo al programa establecido en su manual de uso, por ejemplo para la máquina Firbimatic 915L, instalada en uno de los locales evaluados, se recomienda ajustar este tiempo considerando la opción “dry control” (capítulo 10 del Manual de la máquina) para así evitar la presencia de solvente líquido en las ropas al final del ciclo.

4) Verificar la operación de sistema de extracción para controlar las emisiones generadas en la carga y descarga de ropa, el cual se activaría al abrir la puerta frontal de la máquina.

Para máquinas que cuentan con un circuito de extracción que actúa cuando se abre la puerta frontal para la carga y descarga de ropa, tal como la máquina Firbimatic 915L (en Manual de la máquina se señala como “aspirador de la puerta de carga” en capítulo 10), se recomienda revisar la máquina de modo de poner en operación este sistema, cuidando que el filtro de carbón activado no esté saturado, y ajustando el caudal de extracción a un

nivel tal que genere una velocidad de control de 100 pie/min (0,5 m/s) en el área abierta de la apertura, nivel que es recomendado para evitar el escape de vapores³⁵; por ejemplo para una máquina cuya abertura en la zona de carga y descarga de ropa es de 60 cm se requiere un caudal de extracción de 540 m³/h.

Para máquinas que no cuentan con un sistema de extracción de control de emisiones a nivel de apertura, será necesario evaluar instalar un sistema auxiliar de extracción tal como los indicados en la Fig. N°10, una campana ubicada sobre la zona de la puerta³⁶ o una captación circular que rodee la puerta³⁷. En general estas soluciones son complicadas de implementar sugiriéndose disponer de máquinas como la Fibirmatic 915L con su sistema de extracción operativo. Sistemas como los presentados en la Fig. N°10 por una parte requieren destinar espacios en la zona frontal de la máquina y por otro lado requiere mover caudales de aire significativamente mayores en relación al caudal de aire que se requiere a nivel de puerta de acceso 540 m³/h, requiriéndose un caudal del orden de 4.100 m³/h para una campana de sección 80 cm x 20 cm ubicada sobre la puerta y del orden de 2.100 m³/h para una captación circular de 65 cm de diámetro con una ranura de 2,5 cm.

5) Conducir al exterior descarga de sistema de extracción de control de emisiones a nivel de puerta de máquina.

Si en el diseño de la máquina se incluye un sistema como el “aspirador de puerta de servicio” de la máquina Firbimatic 915L, se recomienda verificar que la descarga se conduzca al exterior, lo cual evitará descargar a la sala el PET que pudiera salir del cilindro de la máquina.

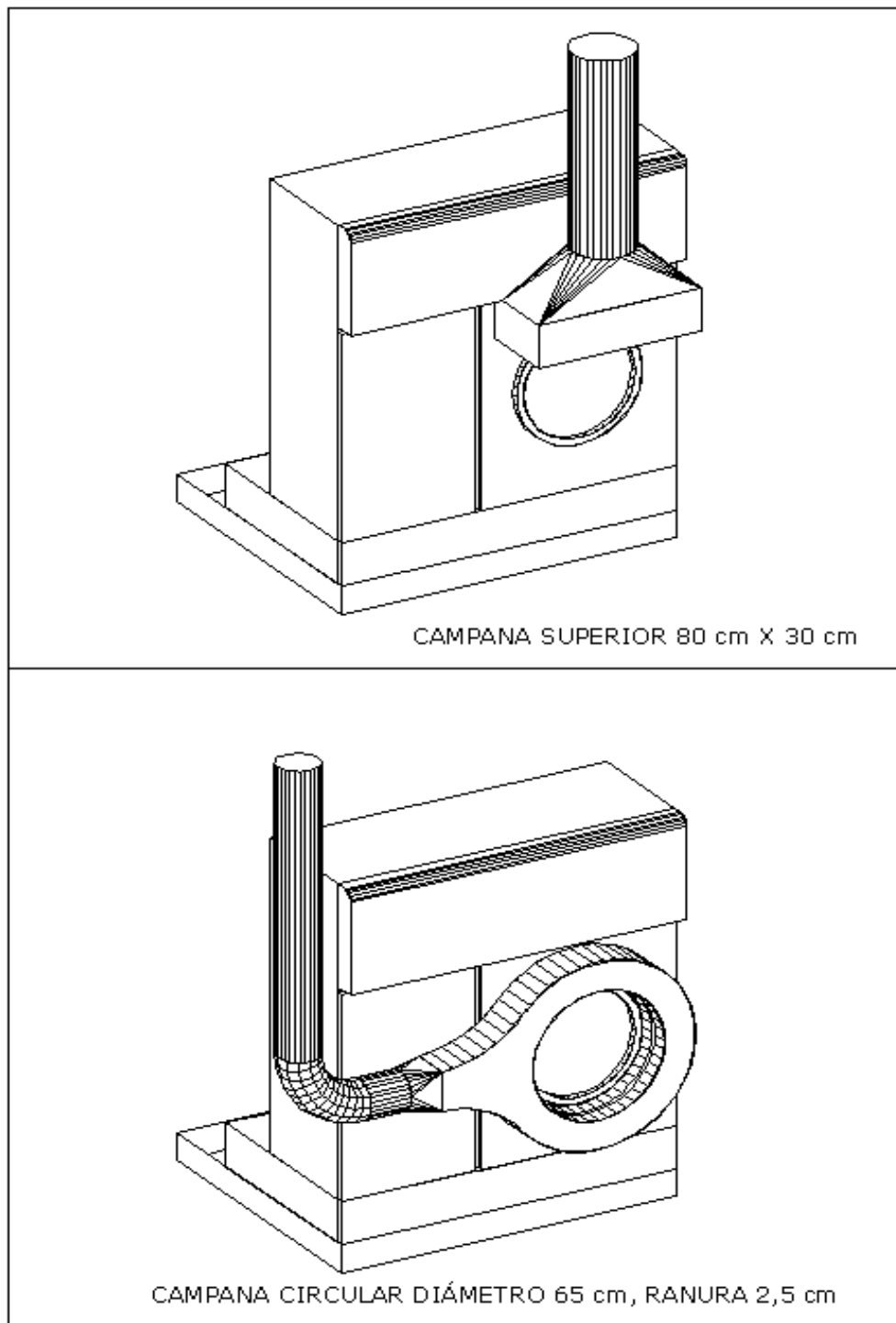


Fig. N°10.- Captaciones externas en puerta de máquina

En la Fig. N°11 se presenta un ejemplo de sistema diseñado para las posibilidades de trazado del local presentado en Fig. N°2, consistente en un ducto de 12 cm de diámetro conectado a la máquina en un trazado que conduce la descarga hacia el recinto de estar del personal, donde se tiene una entrada de luz en el techo cubierta con un plástico transparente rígido, saliendo el ducto a través de este espacio y conectándose a un ventilador y chimenea ubicados sobre el techo, debiéndose ubicar el punto de descarga a una altura sobre 3 m del punto más alto del edificio. Si se considera el ducto conectado al cuerpo de la máquina, con una extensión total de 14 m y 5 codos de 90°, con radio de giro $1,5\Phi$, el ventilador centrífugo requerido debe permitir la extracción de 540 m³/h y entregar una presión total de 84 mm de columna de agua.

El ducto y la chimenea de descarga serán de 12 cm de diámetro y esta última terminará en un tramo de ducto de 70 cm de largo y 15 cm de diámetro que se instalará traslapada en 20 cm, permitiendo la eliminación de agua de lluvia que escurrirá por la ranura que quedará entre ambos ductos.

6) Disponer de un sistema auxiliar de extracción para controlar el trabajo de retiro de barras desde la caldera y limpieza de filtro de aire.

Para controlar este trabajo se propone disponer de una captación móvil conectada a un ducto flexible, la que se ubicaría próxima a la caja de recepción de barras cuando se efectúe este trabajo o en la zona del filtro de aire durante su limpieza.

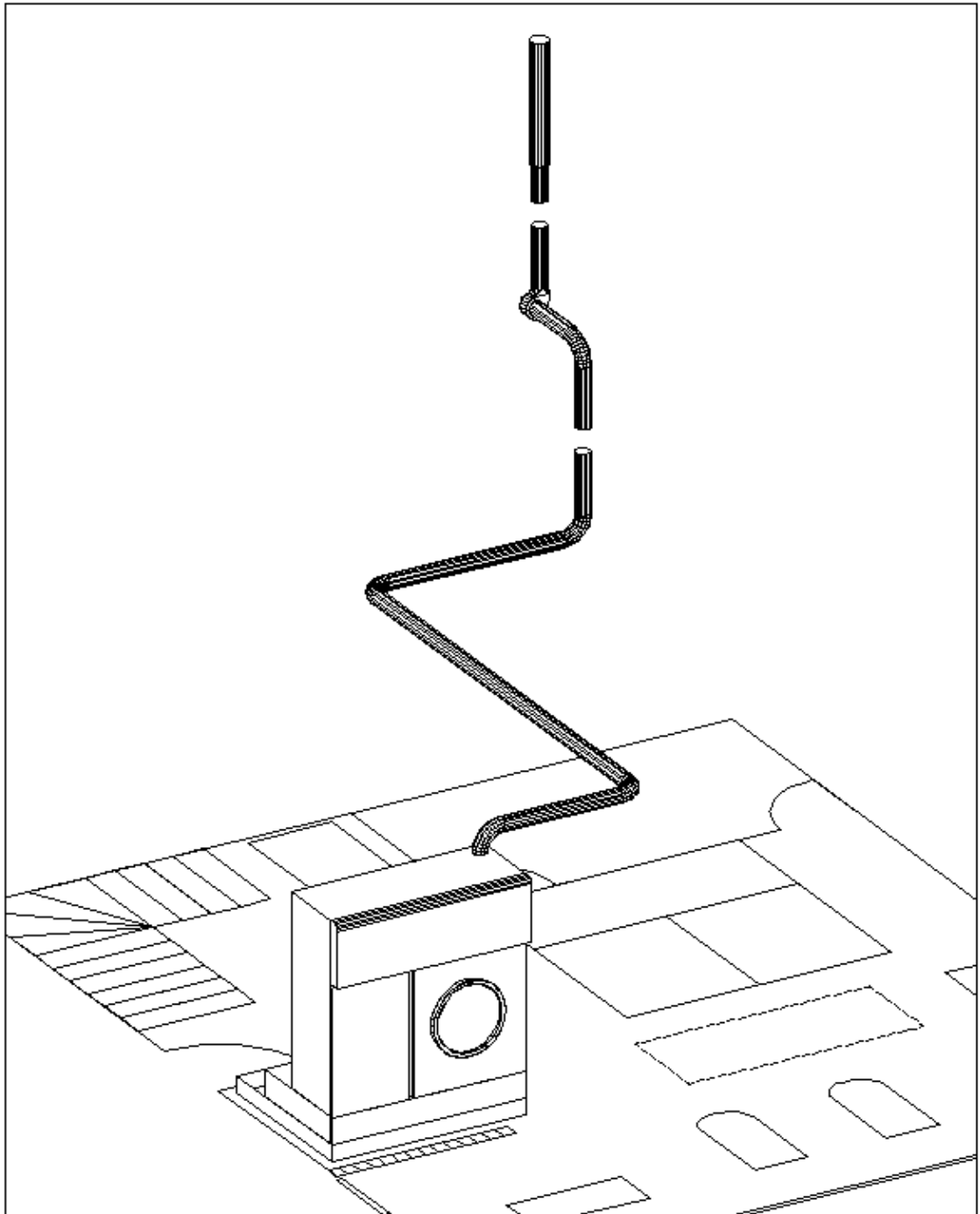


Fig. N°11.- Sistema de descarga extracción puerta de máquina

En la Fig. N°12 se presenta el diseño de captación cónica de diámetro 30 cm conectada a un tramo de ducto móvil de 16 cm de diámetro, la que deberá tener elementos de soporte y extensión que permitan ubicarla en las cercanías del foco de emisión. El caudal de extracción recomendado es de $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$, generando un buen control de las emisiones a una distancia máxima de 25 cm.

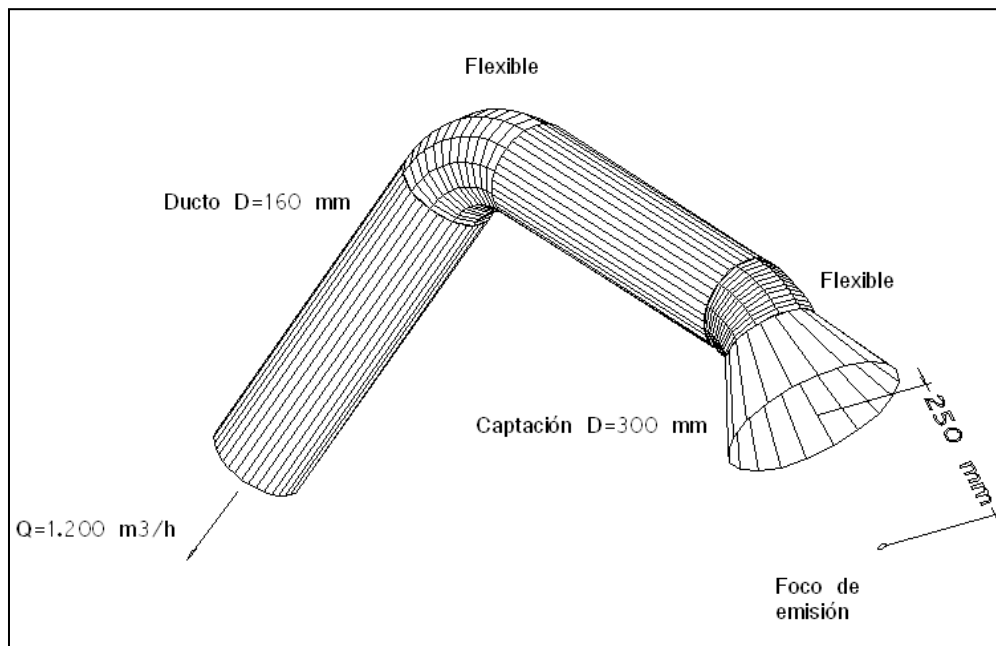


Fig. N°12.- Captación móvil para controlar retiro de barros y limpieza de filtro de aire.

El ducto flexible de la captación se conectará a una red de extracción en base a un ducto rígido de 16 cm de diámetro. En la Fig. N°13 se presenta un ejemplo, correspondiente al local esquematizado en Fig. N°2, el cual tiene un trazado similar al propuesto para el sistema de captación y extracción de vapores generados en la apertura de la máquina.

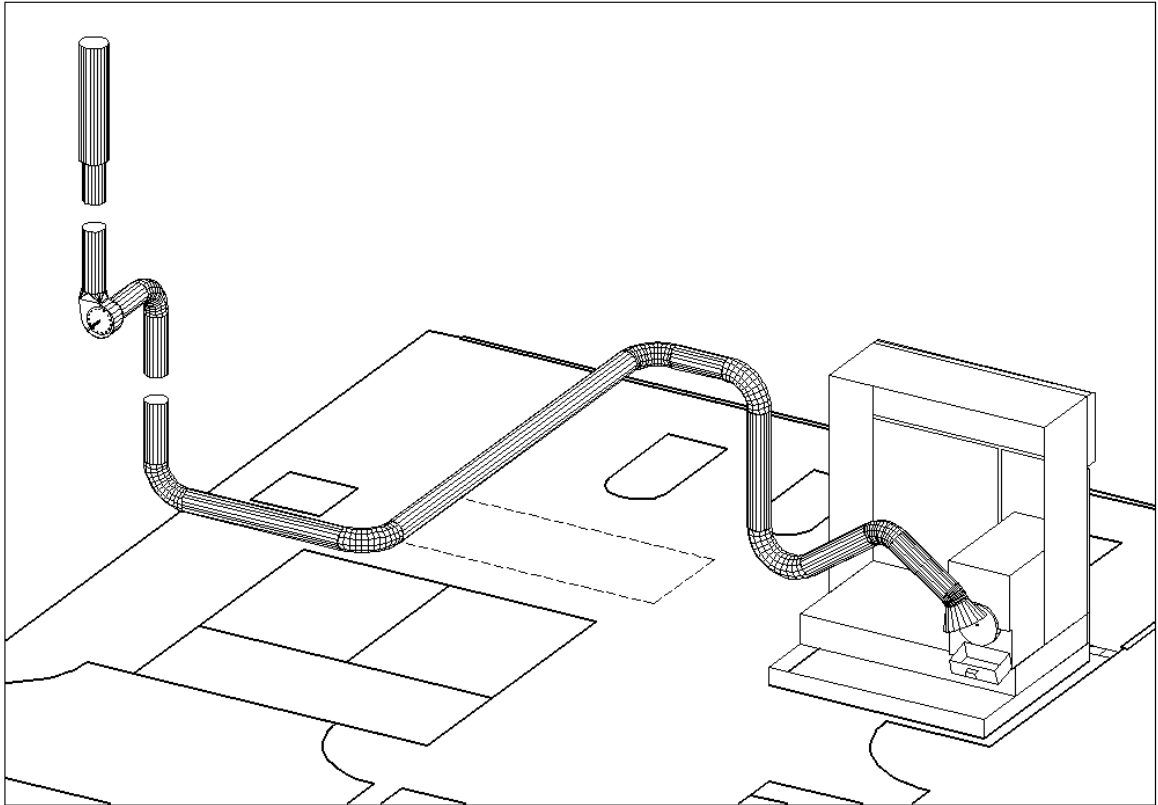


Fig. N°13.- Sistema de descarga extracción móvil.

Considerando un largo de ducto de 14 m, 8 codos de 90° y radio de giro $1,5\Phi$, se requiere un ventilador que trabaje a un caudal de $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ y que genere una presión total de 123 mm de columna de agua. Los ductos y la chimenea de descarga serán de 16 cm de diámetro y esta última terminará en un tramo de ducto de 19 cm de diámetro de 85 cm de largo y se montará traslapada en 20 cm con el ducto de 16 cm de diámetro de la chimenea; el punto de descarga se debe ubicar a mínimo 3 m sobre el punto más alto del techo del edificio. El agua de lluvia escurrirá por la ranura que quedará entre ambos ductos.

7) Disponer al exterior la descarga del ducto flexible del sistema de extracción de máquina de desmanchado.

Si bien las emisiones de PET son las más importantes en el local, también hacen su aporte los vapores producidos en los trabajos de desmanchado, especialmente con Picrin® (tricloetileno), Pyratec® y Streetex®, siendo necesario extender el ducto de descarga de la máquina de desmanchado al exterior del local, seleccionando un punto de descarga que no posibilite el re-ingreso de las emisiones al recinto ni afecte a otros sectores.

8) Proporcionar una ventilación general del local mediante la inyección de aire fresco combinando con sistemas de extracción.

En Decreto Supremo N°594/1999 se indica que los ambientes de trabajo deben tener una ventilación general de entre 6 y 60 cambios/hora, la cual combinada con sistemas de extracción localizada permita bajas concentraciones de PET en el lugar de trabajo, inferiores a los límites permisibles; como recomendaciones específicas NIOSH en su publicación N°97-157, recomienda 5 cambios/hora con un mínimo de 30 pie³/min (51 m³/h) por persona³⁵, a su vez es importante que en la empresa se revise información entregada por los proveedores de la máquina de lavado, por ejemplo para la máquina Firbimatic 915L su “Manual de uso y mantención. Eco Dry Firbimatic”, Capítulo 3 “Notas Preliminares”, recomienda una ventilación del local de 60 veces la capacidad de la máquina, por ejemplo para una capacidad de 15 kg, se recomienda una ventilación de 900 m³/h.

En la Fig. N°14 se presenta un esquema de la ventilación y distribución para el local presentado en la Fig. N°2, recomendándose inyectar aire fresco limpio al local a un caudal de 1.100 m³/h, dejando la sala en depresión respecto a su entorno, considerando que el caudal de extracción desde el sector de la máquina será mayor. La toma de aire fresco deberá ubicarse en un sector libre de contaminantes y se recomienda considerar una unidad de filtración para evitar ingreso de polvo, y de acondicionamiento térmico para así mantener el ambiente de trabajo dentro de rangos de confort para el personal.

9) Control de eventuales derrames desde tambor de percloroetileno.

En general los tambores de PET son herméticos y tienen un circuito cerrado de carga a la máquina, sin embargo se recomienda evaluar reubicarlo en un sector exterior a la sala y disponer un dique de contención de derrames conectado a un pozo de recolección, el cual se recomienda de capacidad un 10% superior al volumen del tambor.

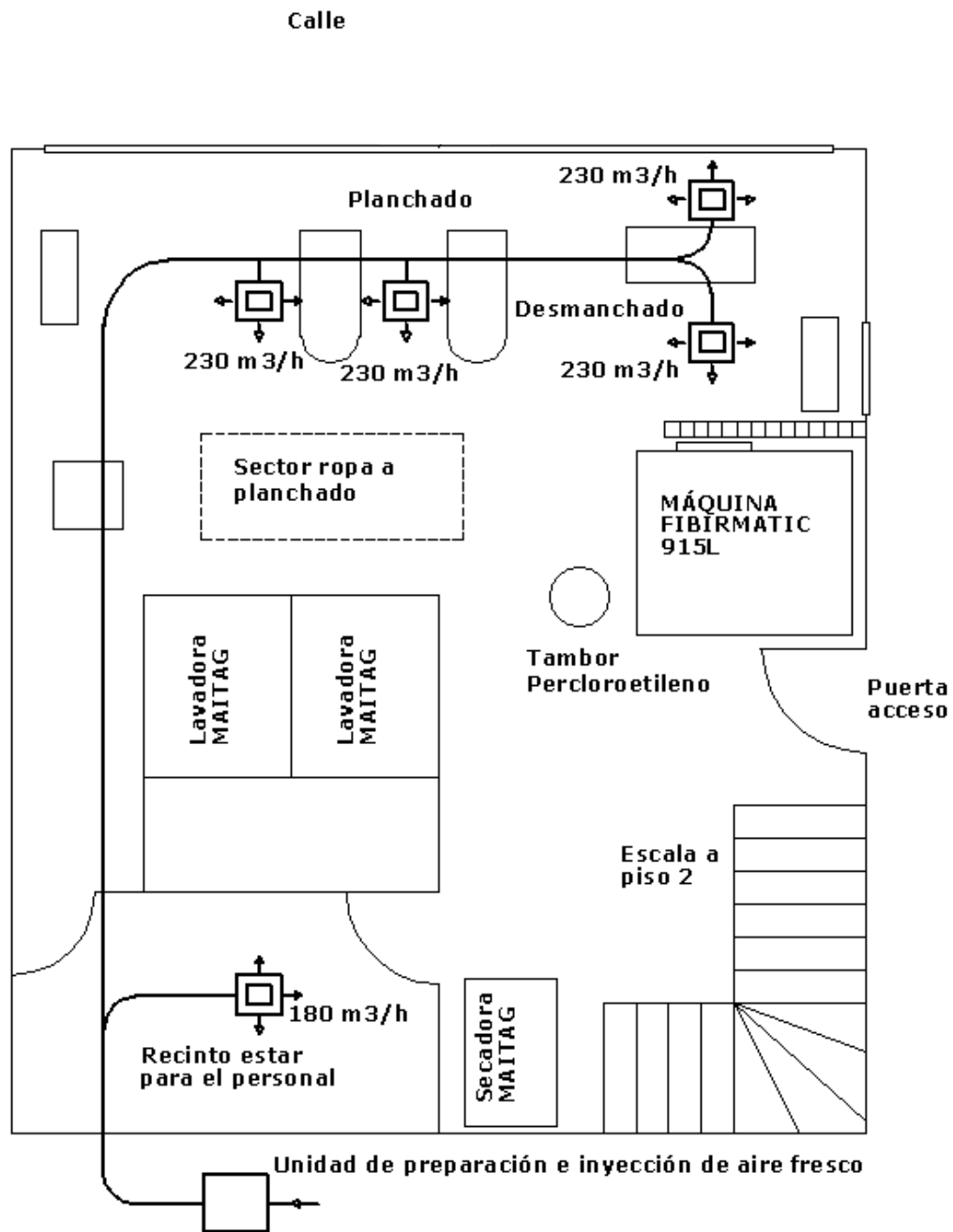


Fig. N°14.- Esquema inyección de aire fresco local de lavaseco

10) Aplicar procedimientos de trabajo de nula o mínima emisión y exposición.

Con el objetivo de evitar la exposición de los trabajadores a los vapores generados en los trabajos de lavado que se realizan, junto con disponer de sistemas de ventilación localizado y general señalados, es muy importante considerar procedimientos de trabajo de nula o mínima emisión de vapores y no exposición a éstos, lo cual se sugiere se analice en las empresas y se genere un documento que sea conocido por todos los trabajadores, supervisores y jefaturas. Entre los elementos a considerar en estos procedimientos se proponen los siguientes:

- Activar $\frac{1}{2}$ hora antes del ingreso del personal los sistemas de extracción e inyección de aire y mantenerlos en funcionamiento hasta $\frac{1}{2}$ hora después de la jornada.
- Considerar en el ciclo de lavado el tiempo de secado requerido por el programa para que las prendas lavadas no salgan con percloroetileno residual.
- Previo a la apertura de la máquina de lavado cerciorarse que el sistema de aspiración a nivel de puerta esté operativo, luego abrir parcialmente esta puerta y esperar un corto período de tiempo, posteriormente abrir completamente y sacar las prendas a recipiente receptor.
- Efectuar las tareas de limpieza de filtro de aire y retiro de barro desde la caldera, poniendo en operación el sistema de extracción de captación propuesta para este trabajo,

ubicándola a una distancia máxima de 25 cm de los focos de emisión.

- Efectuar los trabajos de desmanchado con el sistema de aspiración activado, manteniendo la descarga al exterior del local.
- Efectuar una mantención permanente de máquinas, líneas, partes y elementos, incluyendo el sistema de carga de percloroetileno desde tambor, de modo de evitar fugas de solvente.
- Disponer en óptimo estado de funcionamiento los sistemas de ventilación localizado e inyección, reparando eventuales roturas en las líneas de conducción y mantener equipos ventiladores, motores y unidades de filtración y acondicionamiento que se instalen.
- Mantener limpias y ordenadas las zonas de trabajo, manteniendo tapado todo envase que contenga líquidos de limpieza y retirando del local prontamente eventuales derrames, residuos y materiales que contengan solventes.
- Para ocasiones especiales tales como eventuales derrames o fugas, se recomienda que el personal disponga de protección respiratoria de calidad certificada para vapores de percloroetileno, los cuales se consideran de uso personal y deben mantener sus partes y elementos en buen estado, cambiando el filtro oportunamente previo a su saturación. Para la correcta aplicación de esta medida, se recomienda seguir lo

indicado por el Instituto de Salud Pública, ISP, en su Guía para la Selección y Control de Protección Respiratoria³⁸. En general para ambientes de trabajo donde la concentración de PET se estima inferior a 10 veces el Límite Permisible, 220 ppm, equivalente a 1.490 mg/m³, se recomienda utilizar una **pieza facial de tipo medio rostro** provista de filtro (s) para captar los vapores, los que pueden ser **tipo OV** (Organic Vapor) según normas de USA o **tipo A** (Gases y Vapores Orgánicos con punto de ebullición mayor a 65 °C) según normas europeas. Concentraciones mayores no son usuales en ambientes normales de trabajo, para este caso si se comprueba que la concentración es mayor a 10 veces el Límite Permisible y hasta 50 veces éste, es decir 1.100 ppm, equivalente a 7.460 mg/m³, se puede utilizar una **pieza facial tipo rostro completo** conectada a filtros tipo OV o A, anteriormente indicados, de mayor capacidad, lo cual debe ser consultado con el proveedor de los aparatos de protección respiratoria. Concentraciones mayores a 50 veces el límite señalan que se está en condiciones de una alta emisión que amerita se aplique plan de emergencia definido en la empresa para estas situaciones.

- En situaciones de manipulación en la que se pueda tener contacto de PET líquido con ojos, cara y/o piel se recomienda utilizar careta facial, guantes, buzo, cotona, pechera, botas y otras prendas que se estimen, adquiridas desde fabricante o proveedor que garantice que los materiales de estos elementos sean resistentes al PET.

Como referencia se transcriben los materiales recomendados por Canadian Centre for Occupational Health and Safety, CCOHS, de Canadá ³⁹:

- Polyvinyl Alcohol
- Viton(TM)
- Viton(TM)/Butyl rubber
- Barrier (PE/PA/PE)
- Silver Shield/4H(TM) VPS (polyethylene/ethylene vinyl alcohol)
- Trelchem(TM) HPS
- Trelchem(TM) VPS
- Tychem(TM) CPF 3
- Tychem(TM) F
- Tychem(TM) BR/LV
- Tychem(TM) Responder(TM)
- Tychem(TM) TK.

En esta misma referencia se señalan como materiales **no recomendados**: Butyl rubber, natural rubber, neoprene rubber, polyethylene, polyvinil chloride, Tychem(TM) SL(Saranex(TM)).

- Todos los elementos de protección personal, tanto los señalados para protección respiratoria como de protección de ojos, cabeza y piel, deben ser de calidad certificada⁴⁰, lo cual debe ser exigido a los fabricantes y/o proveedores de estos elementos.

Las medidas de control presentadas dan una razonable cobertura para lograr el objetivo de controlar la exposición a percloroetileno en los trabajadores directamente expuestos, así como evitar efectos en la comunidad usuaria y próxima a los lavasecos. Para cada local en específico se deberá analizar el o los factores particulares que determinan la exposición para así definir y diseñar las medidas correspondientes.

En el análisis, selección e implementación de las medidas de control, es muy importante la participación en primer lugar de los trabajadores, así como la participación de la autoridad sanitaria, mutualidades y representantes de la comunidad, considerando a su vez especialistas en higiene industrial con competencias en evaluación y control de exposición a agentes químicos. Considerando los antecedentes y resultados obtenidos en esta investigación, así como la experiencia en el país en relación a protocolos de vigilancia ambiental y de la salud existentes, es recomendable que la autoridad evalúe generar alguna guía o documento similar, que apoye y fortalezca la gestión de salud ocupacional y salud pública en empresas de este rubro, para lo cual pueden considerarse los antecedentes, resultados y medidas de control presentados en esta investigación, teniendo como objetivo básico evitar daños en la salud de los trabajadores de lavasecos y población de la comunidad que se expongan a percloroetileno.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹ SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS SII, octubre 2015. Estadísticas de empresas por rubro económico. <www.sii.cl/estadisticas/empresas_rubro.htm> [consulta: 11 mayo 2016]
- ² OLISHIFSKI J., B. 1998 Overview of Industrial Hygiene. En PLOG B., A. and QUINLAN P., J. (Eds). Fundamentals of Industrial Hygiene, National Safety Council, 3th Edition, 1998, pp. 3-28.
- ³ INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA, DEPTO. SALUD OCUPACIONAL. 2013. Manual Básico sobre mediciones y toma de muestras ambientales y biológicas en Salud Ocupacional. 3ª edición, 355p.
- ⁴ WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2000. Environmental Health Criteria 214: Human Exposure Assessment. <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>> [consulta: 26 abril 2016]
- ⁵ U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. ATSDR. September 1997. Toxicological Profile for Tetrachloroethylene, 298p.
- ⁶ AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, ACGIH. 2001. Tetrachloroethylene TLV. En 2013 TLVs and BEIs with 7th Edition Documentation [CD-ROM].
- ⁷ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, NIOSH. 1997. Control of Health and Safety Hazards in Commercial Drycleaners. Pub NIOSH N°97-150.
- ⁸ JUANES Y., et al. 2010. Estudio de la exposición a percloroetileno en empresas de limpieza en seco, Instituto Asturiano de Prevención, 90p.
- ⁹ LASH H., L. and PARKER J., C. 2001. Hepatic and renal toxicities associated with perchloroethylene, Pharmacological Reviews 53(2): 177-208.
- ¹⁰ INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER , IARC. 2012. Trichloroethylene, tetrachloroethylene, and some other chlorinated agents. En IARC Monographs on the Evaluation on Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 106, 514p.
- ¹¹ WARD E., M., et al. 2010. Research recommendations for selected IARC – Classified Agents, Environmental Health Perspectives 118(10): 1355-1362
- ¹² TUCKER J., D., et al. 2011. Cytogenetic analysis of an exposed-referent study: perchloroethylene-exposed dry cleaners compared to unexposed laundry workers, Environmental Health. 10:16
- ¹³ AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, ACGIH. 2009. Tetrachloroethylene Recommended BEI. En 2013 TLVs and BEIs with 7th Edition Documentation [CD-ROM].

-
- ¹⁴ CHILE. Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo 594: Sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Artículo 66°.
- ¹⁵ CHILE. Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo 594: Sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Artículo 68°.
- ¹⁶ CHILE. Ministerio de Salud. 1999. Decreto Supremo 594: Sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Artículo 113°.
- ¹⁷ EARNEST G., S. 1996. Evaluation and control of perchloroethylene exposures during dry cleaning, *Appl. Occup. Env. Hyg.* 11(2): 125-132.
- ¹⁸ POIROT P., et al. 2007. Profils d'exposition au perchloroéthylène dans le secteur du nettoyage à sec, INRS – Hygiène et sécurité du travail – Cahiers de notes documentaires – 4^e trimestre 2007 – 209, pp 43-58.
- ¹⁹ SOUTH COAST AIR QUALITY MANAGEMENT DISTRICT CONTRACT N° 99050. 2000. Developing additional Technologies to monitor and reduce fugitive perchloroethylene emissions at dry cleaners.
- ²⁰ CHILE. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. 1969. Decreto Supremo N°40: Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
- ²¹ ROBLES L., C. 2014. Impacto ambiental y riesgo potencial que genera el uso de percloroetileno en las lavanderías en seco de Bogotá. Bogotá, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. 75p.
- ²² DAZA L., V., et al. 2005. Diagnóstico Ambiental del Sector de Lavanderías en el Distrito Capital. Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogos en Gestión Ambiental y Saneamiento Ambiental. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiental y Servicios Públicos, 83p.
- ²³ PACKAGE SUPPLY. Links & S.D.S. <<http://www.packagesupply.net/streets.htm>> [consulta: 21 abril 2009]
- ²⁴ ESQUILLANTE G., et al. 1998. Exposición ocupacional al percloroetileno y otros solventes en trabajadores de lavanderías al seco. Valencia, Venezuela 1997. *Salud de los Trabajadores* 6(1): 21-28.
- ²⁵ RASTKARI N., et al. 2011. Exposure Assesment to Trichloroethylene and Perchloroethylene for Workers in the Dry Cleaning Industry. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 86: 363-367
- ²⁶ S. VIEGAS S. 2011. Occupational exposure to perchloroethylene in Portuguese dry-cleaning stores. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 147: 247-254
- ²⁷ E. LYNGE E., et al. 2011. Exposure to Tetrachloroethylene in Dry Cleaning Shops in the Nordic Countries. *Ann. Occup. Hyg.* 55(4): 387-396.

-
- ²⁸ WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 454p.
- ²⁹ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER, 6 décembre 2012. Le percchloroéthylène interdit dans les pressing au 1er mars 2013. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=30276> [consulta: 7 abril 2013].
- ³⁰ U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1997. Wet cleaning. Publication EPA 744-K-96-002, 19p.
- ³¹ U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1997. Training Curriculum for Alternative Clothes Cleaning. Publication EPA 744-R-97-004a, 122p.
- ³² NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, NIOSH. 1997. Control of Exposure to Perchloroethylene in Commercial Drycleaning (Substitution), NIOSH Publication 97-155, 4p.
- ³³ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, NIOSH. 1997. Control of Exposure to Perchloroethylene in Comercial Drycleaning (Machine Design) , NIOSH Publication 97-156, 4p.
- ³⁴ J. VON GROTE J., et al. 2006. Assessing Occupational Exposure to Perchloroethylene in Dry Cleaning. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 3: 606-619.
- ³⁵ NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, NIOSH. 1997. Control of Exposure to Perchloroethylene in Comercial Drycleaning (Ventilation), NIOSH Publication 97-157, NIOSH, 4p.
- ³⁶ AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENYSTS. 2007. Design Issues – Hoods. En Industrial Ventilation, 26th Edition, Chapter 6, pp.1-24.
- ³⁷ IWASAKI T. and J. OJIMA J. 1997. Design of a Circular Slot Hood for a Local Exhaust System and its Application to a Mixing Process for Fine Particles and Organic Solvents. Industrial Health 35: 135-142
- ³⁸ INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA, DEPTO. SALUD OCUPACIONAL. 2009. Guía para la Selección y Control de Protección Respiratoria. 2ª impresión, 22p.
- ³⁹ CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY, CCOHS. 2010. Tetrachloroethylene, CHEMINFO Record Number 81. <<http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html> > [consulta: 19 enero 2010]
- ⁴⁰ CHILE. Ministerio de Salud Pública. 1982. Decreto Supremo N°18: Certificación de calidad de elementos de protección personal contra riesgos ocupacionales.