

Máster de salud Laboral
Memoria del Trabajo Final de Máster

Análisis de la efectividad de la implementación de medidas preventivas para controlar la exposición a formaldehído en la sala de anatomía patológica de un Hospital universitario.

Autor: Daniel Gustavo Soria Torrez.

Director: Rudolf van der Haar.

Tutor: Julián del Prado Vinuesa

ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Introducción.....	4
3. Material y métodos.....	6
4. Resultado.....	9
5. Discusión	21
6. Conclusiones.....	26
7. Recomendaciones.....	26
8. Bibliografía.....	29
9. Anexos.....	31

1. Resumen

Objetivo

Valorar la efectividad de la implementación de medidas preventivas implantadas con el fin de controlar la exposición al formaldehído en los ambientes de la sala de cortes de anatomía patológica de un Hospital Universitario.

Material y Métodos

Estudio descriptivo higiénico, antes y después de una medida de intervención donde:

“se revisó y analizó el informe de la evaluación de riesgos previo a implementación de medidas preventivas, elaborado por el servicio de prevención del hospital universitario.”

“se realizaron mediciones de la concentración ambiental de formaldehído después de la implementación de medidas preventivas, mediante muestreos personales a los trabajadores expuestos.”

“se realizó la descripción de los puestos de trabajo y la comprobación de las corrientes de aire y aspiración de los sistemas de extracción localizada utilizando tubos fumígenos después de la implementación de medidas preventivas.”

Resultados

Las concentraciones de formaldehído de la tarea del vaciado de casetes después de la implementación de medidas preventivas fueron 1,05 mg/m³; 2,53 mg/m³ y 5,37 mg/m³, las obtenidas antes de la implementación de medidas preventivas 1,29 mg/m³.

Durante el procesamiento y corte de piezas de tejido pequeñas y medianas se obtuvo una concentración de 0,065 mg/m³ y 0,75 mg/m³ respectivamente.

Conclusiones

A pesar de las medidas instaladas los niveles de exposición al formaldehído se encuentran todavía altos o muy cercanos al límite de exposición profesional (LEP).

El momento de mayor exposición a formaldehído fue durante el vaciado de casetes.

El sistema de extracción localizada de las mesas de trabajo de flujo laminar horizontal pierde efectividad cuando se trabaja a una distancia mayor a 20 cm de la apertura de la extracción.

Palabras clave: formaldehído, efectividad, medidas de prevención.

2. Introducción

En los laboratorios de anatomía patológica el formaldehído es usado en forma copiosa debido a las características físicas y químicas que posee para la fijación y conservación de tejidos. En este ambiente laboral existe el potencial riesgo de estar expuesto a elevadas concentraciones de formaldehído pudiendo superar los límites de exposición profesional establecidos.^{1,2,3} En un estudio se describe que la concentración de formaldehído en los laboratorios de anatomía patológica se encuentra en un rango de concentración de 0,08 a 6,9 partes por millón (ppm).¹

El riesgo de exposición a estas concentraciones elevadas de formaldehído se halla principalmente durante la realización de ciertas actividades tales como el procesamiento de los tejidos: la manipulación de las piezas anatómicas conservadas en perfusión de formaldehído, el lavado de las piezas, el vaciado de casetes, la eliminación de los residuos y la realización de las biopsias (cortes histológicos)⁴. (Ver tabla 2)

En el servicio de anatomía patológica del Hospital evaluado se utilizan aproximadamente 500 litros de formaldehído al mes y su uso es cada vez mayor debido al aumento de la demanda de muestras que necesitan un estudio anatomopatológico (comunicación personal).

El formaldehído (HCHO) es un gas volátil soluble en agua, de olor penetrante e irritante, que de acuerdo con el tiempo de exposición y la concentración en la que se encuentre puede ocasionar toxicidad aguda y o crónica, pudiendo representar un riesgo para la salud de las personas que lo manipulan. (Anexo 1)

La vía de exposición más importante es la inhalatoria ya que el formaldehído se absorbe rápidamente en el tracto respiratorio y también se puede absorber a través del aparato gastrointestinal y la vía dérmica siendo esta última escasa, pero puede producirse a través de la piel intacta.⁵

Los efectos agudos de la exposición a formaldehído son irritación a nivel del tracto respiratorio superior y de los ojos. Concentraciones de 0.5 a 2.0 partes por millón (ppm) irritan ojos, nariz y garganta, si la concentración oscila entre 3-5 ppm puede causar además lagrimeo, de 10-20 ppm causa dificultad respiratoria, sensación quemante a nivel de nariz, garganta y accesos de tos, de 25-30 ppm se produce daño severo en el

tracto respiratorio que lleva a edema pulmonar y neumonitis. Por último una concentración mayor de 100 ppm puede causar la muerte.⁴

Existe una tolerancia y adaptación a los efectos irritativos de la exposición al formaldehído que aparece después de 10 minutos. El desarrollo de esta tolerancia a los efectos agudos puede dar una falsa sensación de seguridad lo que puede influir en la no utilización de equipos de protección individual.^{6,7}

La exposición dérmica puede causar efectos de irritación y sensibilización de la piel y puede producir descamación, sequedad, prurito y quemaduras, endurecimiento de uñas, alergias, eczema irritativo y/o alérgico.^{8,9}

La exposición prolongada, pueden causar secuelas respiratorias crónicas por la como pérdida progresiva del olfato, asma I, rinitis, sinusitis, bronquitis, síntomas neurológicos como cefalea, fatiga, somnolencia, pérdida de la concentración, efectos mutagénicos y carcinogénicos.^{8,10}

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica el formaldehído como un cancerígeno para los seres humanos (Grupo 1), con base en pruebas suficientes en humanos y en animales de experimentación, existiendo un mayor riesgo en desarrollar cáncer de nasofaringe y la posible asociación entre el cáncer linfomatomopoyético y la exposición al formaldehído.^{11,12,13}

Debido a estos efectos tóxicos existen límites de exposición profesional (LEP), para el formaldehído, estos son propuestos por diferentes agencias y países, encontrándose diferencias entre los mismos. (Anexo 2)

En España el LEP es conocido como valor limite ambiental (VLA) y en el caso de formaldehído solamente existe un valor VLA de corta duración (VLA-EC) siendo este de 0,3 partes por millón o 0,37 mg/m³. Este VLA-EC coincide con el propuesto por la American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) y ambos están basados en su efecto irritativo agudo. Otros países contemplan límites de exposición profesional de larga duración(Limite de exposición diaria de 8 horas LEP-ED) que oscilan entre 0,1 ppm y 2 ppm (Ver tabla 2 del anexo 2) y se basan en los efectos irritativos o de sensibilización.

Sin embargo, siendo formaldehído clasificado como cancerígeno por el IARC, no existe un nivel de exposición seguro y por lo tanto es necesario eliminar o reducir al máximo la exposición como se recomienda en el RD 665/1997 agentes cancerígenos¹⁸.

A raíz de un evaluación de riesgos realizada por el servicio de prevención en el año 2010 en la Sala de Cortes del Laboratorio de Anatomía Patológica del Hospital Universitario estudiado, se implementaron medidas preventivas con mejoras en las instalaciones e infraestructura de los sistemas de extracción, con un costo de aproximadamente 30.000 €, con el fin de minimizar la exposición de los trabajadores al formaldehído.

El objetivo de este estudio es valorar si la implementación de estas medidas preventivas en la sala de cortes del laboratorio de anatomía patológica, fue efectiva.

3. Material y métodos

El estudio es descriptivo tipo higiénico, antes y después de una medida de intervención.

3.1 Descripción del proceso de la evaluación y medidas preventivas de los puestos de trabajo

Se revisó el informe de la evaluación de riesgos previo a implementación de medidas preventivas. Las dudas respecto a este informe fueron aclaradas por el técnico de prevención del Hospital. Posteriormente se realizó una evaluación inicial de la sala de cortes del laboratorio de anatomía patológica, mediante visitas de reconocimiento. La evaluación inicial consistió en describir, los puestos, las áreas y el proceso de trabajo, así como identificar los riesgos laborales, los momentos / las tareas de mayor exposición, los factores que pueden influir en la exposición y una descripción de las medidas preventivas implementadas. Para este último, se utilizó para ello un check list. (Anexo 3)

Se realizó la comprobación de las corrientes de aire y aspiración de los sistemas de extracción localizada mediante la utilización tubos fumígenos.

3.2 Método de muestreo

Se aplicó el método 2016 de NIOSH; este método se basa en un muestreo personal de captación de aire, utilizando una bomba de muestreo portátil que proporciona un control constante del caudal de aspiración, que fuerza el paso de aire a través del dispositivo de un tubo de gel de sílice impregnado con 2,4 DNPH que retiene el formaldehído, formando formaldehído-2,4-dinitrofenilhidrazona, para su posterior análisis y cuantificación mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).¹⁴

Este método determina, las concentraciones medias del formaldehído en el aire, ponderadas en el tiempo de las tomas de las muestras personales y el resultado se utilizó para compararlos con los valores límite y mediciones periódicas anteriores. Las mediciones fueron de dos tipos: cortas con muestreos de 15 minutos para valorar la exposición aguda y muestreos de larga duración de más de una hora para valorar la exposición diaria de ocho horas. .

Los datos de calibración de instrumentos, los caudales, el volumen de aire, tiempo de muestreo y una breve descripción del método están en el Anexo 4.

3.3 Estrategia de muestreo

El año 2010 antes de la implementación de medidas preventivas, se realizó un total de 3 muestreos en médicos residentes de anatomía patológica: una medición de exposición corta de 15 minutos en la situación más desfavorable (vacío de casetes) y dos mediciones de 3 horas durante la manipulación, corte de tejidos impregnados en formol, en los trabajadores que se considero que tenían mayor exposición (la trabajadora de la mesa central, porque recibía emanaciones de formaldehído de las otras dos mesas de trabajo y la trabajadora de la mesa del fondo ya que además de los otros focos de contaminantes recibía emanaciones de formaldehído de los recipientes almacenados en el armario ubicado al fondo de la mesa de trabajo).

En la estrategia de muestreo utilizada 2011 posterior a la implementación de medidas preventivas se realizaron mediciones personales a las dos categorías de profesionales expuestos (Médicos residentes de anatomía patológica y técnicos de laboratorio) Evaluándose varios días de la semana lunes, miércoles y viernes tanto al turno de mañana como al de la tarde, efectuándose un total de 12 muestreos personales, 6 en los médicos residentes y 6 en los técnicos de laboratorio.

Del total de muestreos cinco mediciones fueron de corta duración, de las cuales tres se realizaron durante la situación más desfavorable el vaciado de casetes a las gradillas, una medición durante el corte y la manipulación de biopsias de piel (piezas muy pequeñas < a 1 cm) debido a que los técnicos de laboratorio trabajan casi exclusivamente con este tipo de muestras y otra durante la manipulación y corte de piezas medianas próstata y bazo que son un tipo de muestras con las que trabajan los residentes.

Los siete muestreos restantes fueron de larga duración con un rango de tiempo muestreado de 66 minutos a 115 minutos, durante el procesamiento y corte de piezas impregnadas en formol, las cuales se diferenciaron en tamaño pudiendo ser muy pequeñas de menos de un centímetro, pequeñas de 1 a 5 cm, medianas de 5 a 15 cm o grandes mayores a 15 cm. En la tabla 1 se encuentra los datos de la estrategia de muestreo.

Tabla 1: Estrategia de muestreo

Estrategias de muestreo			
Total de muestreos	Tipo de muestreo	Personal Muestreado	Situaciones muestreadas
Año 2010	Exposición corta		
3	1	Residentes	Vaciado de casetes (situación más desfavorable)
	Exposición diaria		
	2	Residentes	Tejidos impregnados en formaldehído (mesa central y del fondo consideradas de mayor exposición)
Total de muestreos	Tipo de muestreo	Personal Muestreado	Situaciones muestreadas
Año 2011	Exposición corta		
12		3 Residentes	2 durante el vaciado de casetes, 1 durante la manipulación y corte de piezas medianas
		2 Técnicos	1 durante el vaciado de casetes, 1 durante la manipulación y corte de piezas pequeñas y muy pequeñas
	Exposición diaria		
		3 Residentes	1 durante la manipulación y corte de piezas grandes, 1 con piezas medianas, 1 con piezas pequeñas
		4 técnicos	4 durante la manipulación de piezas pequeñas y muy pequeñas (trabajo casi exclusivo de los técnicos)
Piezas muy pequeñas < 1cm. Piezas pequeñas de 1 a 5 cm. Piezas medianas de 5 a 15 cm. Piezas grandes > 15 cm.			

El procedimiento de calcular las concentraciones en base de los datos de muestreo y los resultados del análisis de laboratorio se explican en el Anexo 5.

3.4 Comprobación de las corrientes de aire del sistema de extracción

Al margen del muestreo, se realizó una comprobación de las corrientes de aire de la aspiración de los sistemas de extracción utilizándose para este fin tubos fumígenos (Comprobador de corrientes de aire Dräger). En el interior de los tubos hay ácido sulfúrico fumante. Cuando se abre el tubo por la parte superior, se bombea aire a través del tubo mediante una pequeña pera de goma. En contacto con la humedad del aire, se produce un humo blanco visible que se deja transportar por cualquier corriente de aire existente, haciendo que las corrientes de aire se puedan ver rápida y fácilmente.

4. Resultados

4.1 Descripción del puesto de trabajo Sala de corte

La sala de cortes es una sala del servicio de anatomía patológica, en ella trabajan de 6 a 7 personas, distribuyéndose 1 o 2 en cada mesa, según la cantidad de trabajo. Se encuentran dispuestas 3 mesas de trabajo de metal, ubicadas en forma horizontal, acopladas a una mesa lateral, donde se encuentran tres ordenadores y dos máquinas dispensadoras de cassetes.

Cada mesa de trabajo cuenta con un sistema de extracción:

El año 2010 este sistema de extracción se encontraba en el techo y tenía un desplazamiento vertical y ascendente que pasaba por el área de respiración de los trabajadores. (Ver tabla 2)





El 2011 este sistema atrae el aire con el contaminante a la parte posterior de la mesa de trabajo, creando un flujo horizontal de aire a la altura de la mesa, confluyendo en un conducto rectangular que llega hasta el techo. A este sistema también se conectan los contenedores de residuos sólidos y líquidos que están acoplados a la parte derecha de la mesa de trabajo. Las mesas también están provistas de un fregadero con lavador de ojos. (Imágenes en el Anexo 6).

4.2 Puesto de trabajo

En la sala de corte existen dos puestos de trabajo: los médicos residentes de anatomía patológica y los técnicos de laboratorio. Los primeros se encargan de procesar muestras pequeñas, medianas y grandes, mientras que los técnicos sólo trabajan con piezas pequeñas y biopsias.

Los pasos que se realizaban para el proceso de los tejidos son: marcado, lavado, corte y preparación de las muestras de patología; registro de las muestras en el sistema informático y tareas de limpieza del área. (Ver tabla 2)

La duración y frecuencia de la realización de estas actividades puede variar durante el día, entre los días y entre los trabajadores, debido al tamaño de la muestra (pequeña, mediana o grande), a la carga de trabajo (número de piezas a procesar) y al trabajador que le corresponda hacer el proceso de vaciado de casetes.

Tabla 2. Descripción de proceso de trabajo en la sala de cortes	
<ul style="list-style-type: none"> Recepción de las piezas o tejidos para su estudio anatomoatológico y fijación del mismo en una perfusión de formaldehído al 4 % por 24 a 48 horas según el tamaño de las mismas. 	
<ul style="list-style-type: none"> Colocación de papel limpio sobre mesa. Colocación manual de la pieza a cortar en el fregadero. Enjuague de la muestra con agua debajo del un grifo de agua corriente. 	
<ul style="list-style-type: none"> Colocación de la pieza en la tabla de corte. Pintado de la superficie con tinte Diapath para marcar borde quirúrgico. Realización de los cortes para la fragmentación de la muestra. Colocación de los fragmentos ya cortados en casetes que se sumergen y conservan en frascos de formaldehído. 	
<ul style="list-style-type: none"> Eliminación de los residuos de o con formaldehído ya sean líquidos o sólidos. 	

- Trasvase de los casetes del frasco a un soporte en el que se colocan para su traslado a la siguiente fase del proceso en otra sala (sala de inclusión en parafina y micrótomos). Solo lo realiza un trabajador al final de la jornada laboral



4.3 Sustancias químicas presentes:

El formaldehído es la principal sustancia química, el resto de sustancias químicas tienen poco uso en la sala. Estas son algunas tinciones y ácido clorhídrico para situaciones puntuales.

4.4 Fuentes de contaminación que afectan el puesto de trabajo:

El 2010 antes de la implementación de medidas preventivas:

- La manipulación, estudio y corte de piezas anatómicas conservadas en formaldehído.

Habían fuentes de emisión continua de formaldehído al ambiente de trabajo como:

- Los recipientes dispensadores de 10 litros de formaldehído al 4 % se encontraban sobre una mesa sin un sistema de extracción.
- Los recipientes con las piezas en perfusión de formol estaban fuera o en un armario común sin extracción localizada.
- Los residuos líquidos de formaldehído eran depositados en un contenedor de plástico, que permanecía abierto durante la mayor parte de la jornada con la consiguiente emanación de formaldehído.
- Los residuos sólidos como los papeles impregnados de formaldehído, utilizados en las tablas de corte, se desechaban en un contenedor externo que permanecía con la tapa levantada.
- No se contaba con sistema de climatización, por lo que se mantenía la puerta que da al jardín permanentemente abierta (donde está la salida de la extracción) produciendo una posible reentrada del aire con formaldehído. (Ver imágenes en la tabla 3)

El 2011 después de la implementación de medidas preventivas:

La manipulación, estudio y corte de piezas anatómicas conservadas en formaldehído son una de las principales fuentes de contaminación.

- Al colocar o retirar la pieza en un recipiente con formaldehído al 4% por 24 a 48 horas, dependiendo el tamaño de la pieza. y varían según el tamaño de la pieza, ya que piezas pequeñas, se fijan en recipientes pequeños con menor cantidad de formaldehído y viceversa.
- Realización de los cortes histológicos, la fragmentación de la muestra fijada en formaldehído y su colocación en casetes (estos se mantienen en una perfusión de formaldehído acoplada al sistema de extracción con tapa).
- Vaciado de los casetes del frasco y su colocación a un soporte (gradilla) en el que se ubican para su traslado a la siguiente fase del proceso en otra sala (sala de inclusión en parafina y micrótomos). Esta actividad la realiza cualquiera de los 6 trabajadores, normalmente el primero que termine recoge los frascos de cada mesa al final de la jornada.
- Vertido manual del formaldehído restante a un contenedor especial acoplado a la mesa de trabajo que cuenta con tapa dentro del mismo sistema de extracción. (Ver imágenes en la tabla 3)
- Efectuar las manipulaciones alejadas del sistema de extracción.

4.5 Equipos de protección individual (EPI's):

Durante la valoración del 2011 se observó que:

No se utilizaban gafas de seguridad ni mascarillas.

Se comprobó que se dispone de gafas de seguridad y mascarillas (Cuerpo de la máscara 3M 7500, Filtros 6099 de 3M AXP3 para vapores orgánicos con punto de evolución menor a 65° y filtros 6098 3M A1 para vapores orgánicos y formaldehído) en el almacén situado en otra sala del mismo departamento. También disponen de un equipo y un protocolo en caso de derrames accidentales de sustancias químicas, que consta de 2 mascarillas completas 3M serie 6000, 2 juegos de filtros 3M AXP32, 2 juegos de filtros 6075 de 3M A1, 4 pares de guantes de protección grupo IV, 2 contenedores de residuos y tapetes absorbentes.

Se trabajaba usando batas de manga corta quedando expuesta la zona del antebrazo, existiendo el riesgo de contacto con la piel por salpicaduras.

Se utilizaban dos tipos de guantes de látex y/o nitrilo y si se manipulaban piezas frescas que contenían mucha sangre, generalmente llevaban doble guante.

Se realizaba el cambio de guantes al cambiar de muestra o si se empapaban demasiado con formol.

4.6 Distancia entre la(s) fuente(s) de contaminación y el trabajador:

Los trabajadores realizaban el corte de los tejidos impregnados en formaldehído a una distancia que puede variar según la estatura del trabajador y si realizan el trabajo de pie o sentados estando en un rango de distancia de 30 a 60 cm entre la mesa de trabajo con la fuente de emisión y su campo respiratorio.

4.7 El tiempo que el trabajador está expuesto:

La exposición es diferente según el puesto de trabajo, los residentes de anatomía patológica con un promedio de 4 horas de exposición en la sala de corte y los técnicos de laboratorio con un promedio de 6 horas de exposición en la sala de corte. (Informadas por los trabajadores)

El resto del tiempo de trabajo que no se encuentran en la sala de cortes, los técnicos se pueden estar realizando otras tareas en otras áreas del servicio, pudiendo tener exposición a formaldehído y a otras sustancias químicas como xileno o alcohol. Por el contrario, los médicos residentes, el resto del tiempo de trabajo hacen rotaciones en otros servicios sin tener exposición a formaldehído.

4.8 Descripción de las medidas preventivas implantadas 2011:

Se implementó a cada mesa de trabajo un sistema de extracción de aire que captura al contaminante desde la parte posterior de la mesa.

Incorporados a cada mesa de trabajo, se encuentran: un recipiente que contiene los casetes en una perfusión de formol, un contenedor de residuos sólidos y uno para residuos líquidos, cada uno cuenta con tapa y están conectados al sistema de extracción.

Las tres mesas se conectan a un sistema matriz de extracción que se encuentra en el techo de la sala.

Además de las mejoras en el diseño de las mesas, se instalaron tres armarios donde se almacenan los contenedores de las piezas con formol, los dispensadores de formol, las gradillas con casetes y otras sustancias químicas de poco uso. Cada armario cuenta con su propio sistema de extracción, que también se encuentra conectado al sistema matriz.

Tabla 3: Situación antes y después de la implementación de medidas preventivas

Situación de la Sala de corte y problemas encontrados el 2010 antes de la implementación de medidas preventivas	Medidas preventivas adoptadas y medidas de vigilancia de la Salud el 2011
 <p>El diseño del sistema de extracción inadecuado, el aire extraído tenía un desplazamiento vertical y ascendente que pasaba por el área de respiración de los trabajadores.</p>	 <p>Mejora del sistema de extracción : Captura el aire con un flujo transversal de aspiración hacia el fondo de la mesa para evitar así el área de respiración de los trabajadores.</p>
 <p>Los recipientes dispensadores de 10 litros de formaldehído al 4 % estaban fuera y los frascos con las piezas en perfusión de formol estaban en un armario común sin extracción localizada, los cuales eran un foco de emisión ambiental.</p>	 <p>Ambos dispensadores y frascos se mantienen en un armario de tres cuerpos cada cuerpo con un sistema con extracción localizada independiente.</p>
 <p>Los residuos líquidos de formaldehído eran depositados en un contenedor que permanecía abierto durante la jornada con la consiguiente emanación de formaldehído.</p>	 <p>Los residuos líquidos de formaldehído se depositan en un contenedor incorporado en la mesa de trabajo y al sistema de extracción</p>
 <p>Los residuos sólidos como los papeles impregnados de formaldehído utilizados en las tablas de corte se desechaban en un contenedor externo que era un foco de emanación.</p>	 <p>Los residuos sólidos de formaldehído se depositan en un contenedor incorporado a la mesa de trabajo conectado al sistema de extracción que cuenta con una tapa de cierre automático.</p>
<p>No se contaba con sistema de climatización por lo que se mantenía la puerta que da al jardín permanentemente abierta (donde está la salida de la extracción) con una posible reentrada del formaldehído.</p>	<p>Implementación de un sistema de climatización, permitiendo mantener las puertas cerradas</p>
<p>No se utilizan gafas de seguridad, batas de manga larga ni mascarillas especiales para vapores orgánicos.</p>	<p>Estas situaciones se mantienen, pese a que se comprobó que se dispone de estos equipos de protección individual.</p>
<p>Se realizaba formación general de riesgos laborales.</p>	<p>Formación general de riesgos laborales y formación específica sobre el riesgo de la exposición al formaldehído (2 anuales)</p>
<p>No se tenía información sobre la percepción de los trabajadores respecto a síntomas que puede producir la exposición a formaldehído.</p>	<p>Se pasaron cuestionarios de percepción de síntomas irritativos por la exposición al formaldehído (En curso)</p>
<p>Se realizaba una vigilancia de la salud general.</p>	<p>Vigilancia de la salud general y específica para riesgos de exposición al formaldehído: Se ofreció una revisión por otorrinolaringología y la realización de una rinofibroscopía.</p>

4.9 Resultados de las mediciones

En las tablas 4 y 5 se muestran las concentraciones obtenidas en los muestreos de corta duración y su relación con el LEP de diferentes agencias mediante el cálculo del índice de exposición (proporción entre la concentración medida y el LEP) donde se observa la variación del índice de exposición según si la agencia es más o menos permisiva.

En la tabla 6 se muestran las concentraciones obtenidas de los muestreos largos y la tabla 7 se observa el cálculo del índice de exposición para exposiciones diarias. Para el cálculo de estos se usó el LEP-ED propuesto por el Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS) Holandes y el Scientific Committee on Problems of environment (SCOPE), se eligió esta institución debido a que en España no existe un LEP-ED. Para realizar los cálculos del índice de exposición se realizó una ponderación de las 8 horas según a quien correspondía el muestreo: Los residentes con 4 horas de exposición o los técnicos con 6 horas de exposición.

Tabla 4: Concentraciones obtenidas en los muestreos de corta duración

Identificación Nº muestra (laboratorio)	Trabajador	Tarea/tejido	Tiempo de medición en minutos	Concentración formaldehído mg/m3
Año 2011				
	Técnico	Biopsias de Piel (piezas muy pequeñas)	15	0,06
	Técnico	Vaciado de casetes	25	1,05
	Residente	Vaciado de casetes	15	2,53
	Residente	Vaciado de casetes	15	5,37
	Residente	Próstata y Bazo (piezas medianas)	32	0,75
Año 2010				
	Residente	Vaciado de casetes	25	1,29

**Tabla 5: Calculo del índice de exposición en las exposiciones de corta duración
comparación en distintas agencias**

Trabajador/Tarea/tejido	Concentración formaldehído mg/m3	Índice de exposición (VLA exposición corta en mg/m3)			
		INSHT 0,37 mg/m3	NIOSH 0,12 mg/m3	SUVA 1,2 mg/m3	DECOS/SCOPE 0,5 mg/m3
Año 2011					
Técnico/Biopsias de Piel (piezas muy pequeñas)	0,065	0,18 ++	0,54 ++	0,05 +	0,13 ++
Técnico/Vaciado de casetes	1,052	2,84 +++	8,77 +++	0,88 ++	2,1 +++
Residente/Vaciado de casetes	2,531	6,84 +++	21,09 +++	2,11 +++	5,06 +++
Residente/Vaciado de casetes	5,368	14,51 +++	44,73 +++	4,47 ++	10,74 +++
Residente/Próstata y Bazo (piezas medianas)	0,752	2,03 +++	6,27 +++	0,63 ++	1,5 +++
Año 2010					
Residente, Vaciado de casetes	1,29	3,49 +++	10,75 +++	1,08 +++	2,58 +++
+ Riesgo Aceptable $\leq 0,1$; ++ Riesgo indeterminado ≤ 1 ; +++ Riesgo inaceptable > 1 (Criterios de UNE 689).					

Tabla 6: Concentraciones obtenidas de los muestreos largos

Identificación N° muestra (laboratorio)	Trabajador	Tarea/tejido	Tiempo de medición en minutos	Concentración Formaldehído mg/m ³	Concentración ponderada 8 horas	
					4 horas	6 horas
Año 2011						
2	Residente	Colon (Pieza grande)	81	0,23	0,11	
16	Residente	Próstata y Testículo (Piezas medianas)	99	0,18	0,09	
80	Residente	Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas y útero fresco sin formol)	115	0,18	0,09	
10	Técnico	Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas)	78	0,23		0,18
12	Técnico	Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas)	66	0,20		0,15
20	Técnico	Ginecológicas y pulmonares (piezas muy pequeñas y pequeñas)	54	0,12		0,09
14	Técnico	Biopsias de piel (piezas muy pequeñas)	76	0,21		0,16
Año 2010						
	Residente		183	2,05	1,03	
	Residente		194	0,64	0,32	

Tabla 7: Cálculo del índice de exposición a partir del VLA-ED 8 hrs. de la SCOPE/DECOS

Trabajador/Tarea/tejido	Concentración Formaldehído mg/m ³	Concentración ponderada 8 horas		Índice de exposición VLA ED 8 Hrs. DECOS Holanda/SCOPE 0,15 mg/m ³	
		4 horas	6 horas	Residente 4 horas	Técnico 6 horas
Año 2011					
Residente/Colon (Pieza grande)	0,228	0,11		0,76 ++	
Residente/Próstata y Testículo (Piezas medianas)	0,184	0,09		0,61 ++	
Residente/Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas y útero fresco sin formol)	0,185	0,09		0,62 ++	
Técnico/Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas)	0,235		0,18		1,18 +++
Técnico/Ginecológicas (Biopsias piezas muy pequeñas)	0,201		0,15		1,01 +++
Técnico/Ginecológicas y pulmonares (piezas muy pequeñas y pequeñas)	0,12		0,09		0,6 ++
Técnico/Piel (piezas muy pequeñas)	0,207		0,16		1,04 +++
Año 2010					
Residente	2,05	1,03	1,54	6,83 +++	
Residente	0,64	0,32	0,48	2,13 +++	








+ Riesgo Aceptable $\leq 0,1$; ++ Riesgo indeterminado ≤ 1 ; +++ Riesgo inaceptable > 1

4.10 Resultados de la comprobación de las corrientes de aire del sistema de extracción mediante los tubos fumígenos

Se comprobó que el sistema de extracción de las mesas de trabajo es efectivo a una distancia de 20 cm del sistema de extracción y va perdiendo efectividad cuando se trabaja a una distancia mayor a esta ya que parte del humo escapa de la extracción tendiendo a ir hacia arriba pasando por las vías respiratorias del trabajador. Dado que los cortes de tejidos se realizan a una distancia de unos 50 cm la efectividad del sistema de extracción no es la óptima.

Buscando mejorar el sistema de extracción actual propusimos la implementación de una caja de metacrilato que confine el sistema de extracción cerrando los lados y la parte superior de este modo se evita la succión del aire limpio por ambos costados y la parte superior, a su vez acercando la apertura del sistema de extracción a una distancia de por lo menos 20 cm de la fuente de emisión, y así mejorando la efectividad del mismo. Dicho hecho fue comprobado mediante un ensayo usando una caja de cartón y cinta adhesiva. Se comprobó la efectividad con los tubos fumígenos observándose que la aspiración era eficaz aspirando la totalidad del humo emitido (ver tabla 8).

Tabla 8: Comprobación de las corrientes de aire de la aspiración del sistema de extracción localizada.

Comprobación de las corrientes de aire de la aspiración del sistema de extracción localizada.	
<p>El sistema de extracción localizada de las mesas de trabajo no es efectivo cuando se trabaja a una distancia mayor a 20 cm del mismo</p>	
<p>El sistema de extracción localizada de las mesas de trabajo es efectivo a una distancia de 20 cm.</p>	
<p>Ensayo de la implementación de una vitrina usando cajas de cartón y cinta adhesiva, acercando el sistema a una distancia de por lo menos 20 cm de la fuente de emisión distancia a la que se comprobó que la aspiración es efectiva.</p>	
<p>Mesa de trabajo se infunde humo desde la distancia habitual de trabajo del personal, se observa que el humo del tubo fumígeno se eleva, lo que demuestra que el sistema de extracción no es lo suficientemente efectivo.</p>	
<p>Implementación de un prototipo de vitrina de metacrilato a raíz de este trabajo, que confina el sistema de extracción cerrando los lados y la parte superior de extracción Se comprobó que el uso de la vitrina mejora la efectividad del sistema de extracción localizada de las mesas de trabajo.</p>	
<p>Los sistemas de extracción de los residuos sólidos impregnados en formaldehído, residuos líquidos y el recipiente que contiene los casetes en perfusión de formaldehído, son efectivos evitando la emanación de formaldehído al ambiente.</p>	
<p>El aislamiento de los en los tres armarios son efectivas para contener la emisión de formaldehído al ambiente mientras se mantengan las puertas cerradas.</p>	

5. Discusión

La implementación de medidas de prevención puede verse afectada por varios factores técnicos tales como el cumplimiento de los protocolos de manipulación de formaldehído, el diseño de los sistemas de extracción, problemas de espacio, infraestructura o presupuesto, por lo que es un proceso que requiere de un tiempo para instaurarse y funcionar de forma apropiada, por lo que demanda la realización de controles periódicos de su efectividad, buscando la mejora continua.

Con este estudio se pudo comprobar que los sistemas de extracción de los armarios y los residuos sólidos y líquidos son efectivos confinando la emisión de formaldehído al ambiente, también se detectó un problema en la extracción localizada de las mesas de trabajo por lo que se propuso y se instaló un prototipo de mejora del mismo.

5.1 Comentarios de los resultados obtenidos

a) Muestras de corta duración

Los resultados de las concentraciones de formaldehído obtenidas de los muestreos personales de corta duración asociados a la tarea del vaciado de casetes del 2011 después de la implementación de medidas preventivas fueron elevados superando el LEP correspondiente (1,05 mg/m³; 2,53 mg/m³ y 5,37 mg/m³), estando en la misma magnitud que las obtenidas en el año 2010 (1,29 mg/m³) antes de la implementación de medidas preventivas. Ello indica que el sistema de extracción no es efectivo durante la realización de esta tarea, esto se debe a un fallo en el diseño de la mesa de trabajo, puesto que el caudal de aspiración es insuficiente, ya que solo es efectivo a una distancia de 20 cm de la apertura de la extracción y el trabajo habitualmente se realiza a una distancia mayor, además de la gran cantidad de formaldehído que se manipula durante este proceso.

En las mediciones del 2011, a diferencia del año 2010 se determinó la concentración de formaldehído ambiental en los dos grupos de trabajadores: técnicos (trabajan casi de forma exclusiva con piezas pequeñas y muy pequeñas) y residentes (trabajan con piezas medianas y grandes debido a la complejidad de los cortes, además de poder trabajar también con piezas pequeñas especialmente durante los primeros años de residencia)

En el resultado obtenido del muestreo personal de corta duración asociados a la tarea del procesamiento y corte de piezas muy pequeñas y pequeñas (biopsias de piel)

realizada por un técnico de laboratorio se obtuvo una concentración de 0,065 mg/m³ este valor relativamente bajo comparado con los resultados obtenidos se puede explicar por la baja cantidad de formaldehído que se utiliza durante la manipulación y corte de las piezas de pequeño tamaño, resultado similar a otros estudios a los cuales hago referencia en el párrafo siguiente.

En nuestro estudio no se observó gran diferencia de la concentración de formaldehído entre los distintos tamaños de piezas de tejido, esto es debido a que se tomaron muestreos de larga duración, existiendo momentos de alta, baja o ninguna exposición durante su realización, siendo la concentración obtenida una media de estos. En otros estudios en los que solo se midieron exposiciones de corta duración con diferentes tamaños de piezas, si se encuentran diferencias existiendo mayor exposición mientras más grande es la pieza y viceversa.³

En el resultado obtenido del muestreo personal de corta duración asociados a la tarea de el procesamiento y corte de piezas medianas (próstata y bazo) realizadas por un residente se obtuvo una concentración de 0,75 mg/m³ valor 2 veces superior al LEP-EC establecido por el INSHT. Este resultado refuerza la conclusión definida anteriormente que el sistema de extracción no es efectivo.

b) Muestreos de larga duración

Las mediciones de larga duración pretenden mostrar la concentración media ponderada durante un periodo diario de exposición. Debido a que en España no existe un LEP-ED 8hrs, se utilizó como referencia el propuesto por el Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS) Holandes y el Scientific Committee on Problems of Environment (SCOPE) 0,15 mg/m³ basado en el efecto irritativos del formaldehído.

Los resultados de las concentraciones obtenidas en los muestreos de larga duración realizados en residentes (4 horas de exposición) están ponderadas para 8 horas; el año 2011 fueron de 0,11 mg/m³, 0,09 mg/m³ y 0,09 mg/m³. Objetivándose una mejoría respecto a las concentraciones obtenidas el 2010 antes de la implementación de medidas preventivas donde la concentración ponderada para los residentes fue de 1,03 mg/m³ y 0,32 mg/m³. No obstante el nivel de concentración sigue estando cercano al LEP ED 8hrs propuesto por la DECOS de 0,15 mg /m³. Asumiendo que durante las horas que están trabajando en otros sitios la exposición a formaldehído es cero.

El año 2011 también se determinaron las concentraciones ponderadas para 8 horas en técnicos (6 horas de exposición) estos habitualmente trabajan con piezas pequeñas y muy pequeñas.

Los resultados obtenidos fueron de 0,18 mg/m³, 0,15 mg/m³, 0,09 mg/m³ y 0,16 mg/m³ sobrepasando LEP-ED 8hrs en tres de las cuatro mediciones. Los técnicos podrían estar expuestos a formaldehído, y otras sustancias químicas como xileno y tolueno durante las horas que se encuentran fuera de la sala de cortes.

De estos resultados se puede concluir que aunque los técnicos trabajan con piezas pequeñas tienen una exposición más prolongada que los residentes de 6 horas en la sala de cortes, además de la posibilidad de seguir exponiéndose a formaldehído en las otras salas del departamento de anatomía patológica su exposición sobrepasa el LEP ED.

c) Comprobación de corrientes de aire mediante tubos fumígenos

Al raíz de los resultados de las mediciones que indicaron claramente una eficacia insuficiente del sistema de extracción implantada, se comprobó los corrientes de aire mediante tubos fumígenos.

Se pudo comprobar que el sistema de extracción localizada de las mesas de trabajo pierde efectividad cuando se trabaja a una distancia mayor a 20 cm de la extracción. Y las tareas de corte se realizan a una distancia de 50 cm del sistema de extracción, este no es efectivo. Esto es debido un fallo en el diseño que aspira aire limpio por los lados y la parte superior disminuyendo así su efectividad, y/o a un caudal de aspiración bajo o insuficiente.

También se comprobó que las medidas adoptadas el año 2011 destinadas a aislar algunos de los focos de emisión de formaldehído del ambiente de trabajo encontrados el 2010 como eran: los desechos sólidos impregnados en formaldehído, los restos líquidos de formaldehído, el recipiente con los casetes en perfusión de formol, dispensadores de formaldehído y los recipientes con las muestras en perfusión de formaldehído. Actualmente tienen una extracción localizada con tapa y se dispone de tres armarios con extracción localizada donde se almacenan los recipientes o contenedores de conservación de las piezas y tejidos en formol, las gradillas con los casetes en perfusión de formol y los dispensadores de 10 litros de formaldehído al 4% con grifo.

Siendo todos efectivos para contener la emisión de formaldehído al ambiente mientras se mantengan las tapas y las puertas cerradas ya que no se observo escape del humo bombeado.

Se detecto un problema en el armario que contiene los dispensadores, donde al momento del llenado de los recipientes que contienen las piezas frescas con formaldehído al 4% desde los dispensadores, la puerta del armario se mantiene abierta y debido a que los dispensadores están muy próximos a la puerta el formaldehído se podría emitir al ambiente en este momento puntual.

5.2 Reflexión sobre los LEP

En España el INSHT solo considera un VLA-EC (0,3 ppm o 0,37 mg/m³) y al igual que el de la ACGIH, se basan en los efectos irritativos del formaldehído y afirman que la exposición a niveles incluso más bajos aun puede crear molestias irritativas en un porcentaje pequeño de trabajadores. Este VLA-EC no toma en cuenta los efectos de sensibilización del formaldehído y respecto al efecto cancerígeno, la ACGIH le asigna una clasificación A2 (sospechoso de ser carcinógeno humano) y refieren que los estudios epidemiológicos son contradictorios o no son suficientes para confirmar un mayor riesgo de cáncer en los trabajadores.¹⁵

Otras agencias como El DECOS y comités NEG también basan sus LEP EC (0,42 ppm o 0,5 mg/m³) y el LEP ED (TWA de 8horas 0,12 ppm o 0,15 mg/m³), en los efectos irritativos y concluyen en su informe que los datos epidemiológicos disponibles en la actualidad sobre el formaldehído no proporcionan evidencia de un riesgo de cáncer de las vías respiratorias en los niveles de exposición inferiores a 0.25 ppm.¹⁶

Estas agencias llegan a estas conclusiones de que no existe evidencia suficiente de un riesgo de cáncer. Pese a que la IARC (International Agency for Research on Cancer) en sus estudios clasifica al formaldehído en el grupo 1, concluyendo que hay pruebas suficientes para la carcinogenicidad del formaldehído en humanos.¹⁷

Debido a la proximidad del trabajador durante la manipulación y corte de los tejidos impregnados en formaldehído, la exposición no puede llegar a cero y mientras no se pueda sustituirlo por otro agente menos dañino debemos considerar al formaldehído como un cancerígeno por lo que se deberá reducir su exposición a un nivel tan bajo como sea posible técnicamente¹⁸

Observamos que los LEP que proponen las distintas instituciones y agencias de distintos países pueden variar de unos de otros, existiendo diferencias entre ellos, como el de Sudáfrica que es el más permisivo con un LEP-ED de 8 horas de 2 ppm y un LEP- EC de 2 ppm, en comparación con la NIOSH que es la más restrictiva con un LEP-ED de 8 horas de 0,016 ppm y un LEP-EC de 0,1 ppm (Anexo 1).

Lo que nos brinda la duda de que algunos de estos LEP pueden estar basados no solo en base a criterios científicos de estudios toxicológicos y epidemiológicos de los distintos efectos tóxicos del formaldehído sino también por criterios socio económicos.

6. Conclusiones

Las mediciones ambientales personales demostraron que los niveles de exposición al formaldehído se encuentran todavía altos o muy cercanos al LEP pesar de la implementación de medidas preventivas. (Sin la implementación de la vitrina de metacrilato propuesta a raíz del estudio)

El momento de mayor riesgo de exposición a altas concentraciones de formaldehído es durante la realización del vaciado de casetes para su colocación en gradillas. Las concentraciones de formaldehído superaron los valores límites (LEP- EC) tanto en los muestreos del año 2010 como del 2011.

El diseño del sistema de extracción de las mesas de trabajo no es efectivo cuando se trabaja a una distancia mayor a 20 cm del sistema de extracción, como se demostró mediante la comprobación del sistema de aire con los tubos fumígenos.

Los sistemas de extracción de los residuos sólidos impregnados en formaldehído, residuos líquidos y el recipiente que contiene los casetes en perfusión de formaldehído, son efectivos evitando la emanación de formaldehído al ambiente desde estas fuentes, como se demostró con la comprobación de la corriente de aspiración con los tubos fumígenos.

7. Recomendaciones

A raíz de las conclusiones sobre la poca efectividad del sistema de extracción se propuso la adecuación del sistema de extracción actual con la instalación de una vitrina de vidrio o metacrilato con apertura frontal, que no impida la manipulación y la observación de las piezas. Con esta medida se evita la succión del aire limpio por la superior y lateral y aumente la potencia del caudal de aspiración cerca de la fuente de

emisión. Se comprobó la mejora de la eficacia del sistema de extracción mediante los tubos fumígenos.

Al momento de valorar la implementación de esta adaptación se recomendó tomar en cuenta el diseño y del sistema de extracción que se recomiendan en la Nota Técnica de Prevención 248 (Formaldehído: su control en laboratorios de Anatomía y Anatomía Patológica del INSHT). (Anexo 7).

También se recomienda, realizar una medición del caudal de aspiración de la extracción que debería estar en el orden 0,7 metros/s en la apertura de la vitrina en el lugar de la emisión del contaminante y comprobar la ventilación general de la sala de cortes verificando el número de renovaciones hora del ambiente, siendo el valor recomendable unos 50 metros cúbicos por persona por hora como se recomienda en la NTP 248 del INSHT para así poder prevenir una posible acumulación de formadehído.

Dado que la tarea de mayor riesgo de exposición a altas concentraciones de formaldehído es el momento del vaciado de casetes para su colocación en gradillas, destacando que esta tarea se realiza una sola vez al día al final de la jornada por un solo trabajador que puede ser tanto el residente como el técnico de manera indistinta siendo normalmente el primer trabajador que termina sus labores. Se recomienda el uso de las mascarillas respiratorias con filtros especiales para el formaldehído, durante la realización de esta tarea, puesto que el Hospital cuenta con ellas en su almacén, por lo menos hasta que se mejoren las medidas actuales realizando esta tarea en condiciones adecuadas y se compruebe que estas son efectivas mediante la realización de nuevas mediciones.

Debido a que esta tarea se realiza a un nivel por encima del sistema de extracción se recomienda que este se confine por ejemplo en una sistema de extracción con campana cerrada.

La principal medida de prevención según el orden de priorización de la implantación de medidas preventivas (Anexo 8). Es la sustitución total del formaldehído por otro agente químico por otro menos peligroso. En el mercado existen fijadores de tejidos a base de etanol y glioxal, como el Histofix® Sustituto de Formaldehído DC 255805 o el Fixall-His, Greenfix, que se ofrecen como una alternativa al formaldehído para su uso en Anatomía patológica, con menos efectos tóxicos y sin riesgo carcinogénico, pero se

debería comprobar y estudiar con mayor profundidad si las características de fijación de estos productos son lo bastante buenas y que estas no influyan el resto del procesamiento de los cortes histológicos.

Otra recomendación es el vigilar el uso de la indumentaria apropiada (ya que se cuenta con ella) como es:

- La utilización de gafas de seguridad ya que las salpicaduras de formaldehído directamente a los ojos provoca quemaduras que en el peor de los casos pueden producir ceguera al quemar la cornea
- El uso de batas con manga larga debido al riesgo de salpicaduras a la piel del antebrazo.
- El cambio frecuente de guantes ya sea de látex o nitrilo, puesto que no obstante cumplen con la UNE 455 que permite su uso en anatomía patológica, con el transcurso del tiempo pierden impermeabilidad.

7. Bibliografía:













1. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) Nota Técnica de Prevención NTP 248: Formaldehído: su control en laboratorios de Anatomía y Anatomía Patológica
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_248.pdf
2. Ghasemkhani M, Jahanpeyma F, Azam K. Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran.
Industrial Health 2005, 43, 703-707
http://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth/43/4/703/_pdf
3. Alberto Caldés Casas, Antonia Juan Muñoz, Miguel Mesquida Sitges, Miguel Ferriol Boada, Bernart Amorós Munar. Estudio longitudinal de la exposición a formaldehído en el laboratorio de anatomía patológica del Hospital Universitario Son Dureta.
Medicina del trabajo, 18. Num.1, abril 2009 (23-29)
4. Paz Uribe Llopis. Formaldehido uso en un centro hospitalario Riesgos y Medidas de prevención
Medicina y seguridad del trabajo 2001; 48 (188-189) :43-59
5. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) Nota Técnica de Prevención (NTP) 873: Prevención de la exposición a formaldehido
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/873w.pdf>
6. R P Clark Formaldehyde in pathology departments.
J Clin Pathol 1983;36:839-846 doi:10.1136/jcp.36.8.839
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC498409/pdf/jclinpath00513-0001.pdf>
7. Mirabelli MC, Holt SM, Cope JM. Anatomy laboratory instruction and occupational exposure to formaldehyde.
Occup Environ Med. 2010 Nov 22.
8. Teresa Russo de Méndez. Efectos Tóxicos Crónicos del Formaldehido
MedULA, Revista de Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes. Vol. 9 N° 1-4. 2000. (2003). Mérida. Venezuela
9. Lundov MD, Johansen JD, Carlsen BC, Engkilde K, Menné T, Thyssen JP.
Formaldehyde exposure and patterns of concomitant contact allergy to formaldehyde and formaldehyde-releasers.
Contact Dermatitis. 2010 Jul;63(1):31-6
10. Neghab M, Soltanzadeh A, Choobineh A. Respiratory Morbidity Induced by Occupational Inhalation Exposure to Formaldehyde.

Ind Health. 2010 Sep 1.

11. Viegas S, Ladeira C, Nunes C, Malta-Vacas J, Gomes M, Brito M, Mendonca P, Prista J. Genotoxic effects in occupational exposure to formaldehyde: A study in anatomy and pathology laboratories and formaldehyde-resins production.
J Occup Med Toxicol. 2010 Aug 20;5(1):25
<http://occup-med.com/content/5/1/25>
12. Final Report on Carcinogens Background Document for Formaldehyde.
National Toxicology Program.
Rep Carcinog Backgr Doc. 2010 Jan;(10-5981):i-512.
13. Schwilk E, Zhang L, Smith MT, Smith AH, Steinmaus C.
Formaldehyde and leukemia: an updated meta-analysis and evaluation of bias.
J Occup Environ Med. 2010 Sep;52(9):878-86.
14. NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Method: 2016. Determinación de formaldehído en el aire por captación activa en un tubo de sílica gel impregnada con 2,4-dinitrofenilhidracina y análisis por cromatografía líquida de alta resolución.
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/2016.pdf>
15. ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) 7^a Edición de la documentación de los valores límites de umbral e índices de exposición biológica -. Formaldehído Publicaciones Firma (2011)
16. DECOS (Comité de Expertos en Normas holandés Ocupacional) Formaldehído - Salud basado límite recomendado de exposición en el trabajo . Consejo de Salud de los Países Bajos, La Haya.Publicación No 2003/02OSH (2003)
17. IARC (International Agency for Research on Cancer) Monografías sobre la evaluación de los riesgos carcinogénicos para humanos. Volumen 88-formaldehído)
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88.pdf>
18. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
http://noticias.juridicas.com/base_datos/Laboral/rd665-1997.html

8. ANEXOS

ANEXO 1: Clasificación toxicológica del formaldehído

Clasificación (RD 363/1995)	Clasificación y etiquetado (reglamento 1272/2008)																				
T : Tóxico	Frasas H																				
Frasas R																					
<p>R 23/24/25 : Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel</p> <p>R 34: Provoca quemaduras.</p> <p>R 40: Posibles efectos cancerígenos</p> <p>R 43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.</p>	<p>H351: Se sospecha que provoca cáncer.</p> <p>H331: Tóxico en caso de inhalación.</p> <p>H311: Tóxico en contacto con la piel.</p> <p>H301: Tóxico en caso de ingestión.</p> <p>H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.</p> <p>H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.</p>																				
Frasas S:																					
<p>S ½: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.</p> <p>S 36/ 37: Úsese indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara</p> <p>S 23: No respirar los vapores.</p> <p>S 26: En caso de contacto con los ojos, lávese inmediatamente con agua abundante y acúdase a un Médico</p> <p>S 39-45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).</p> <p>S 51: Úsese únicamente en lugares bien ventilados</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONCENTRACIÓN (C)</th> <th>PICTOGRAMA</th> <th>PALABRA DE ADVERTENCIA</th> <th>INDICACIONES DE PELIGRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 26%</td> <td></td> <td>PELIGRO</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Tóxico en caso de inhalación Tóxico en contacto con la piel Tóxico en caso de ingestión Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel </td> </tr> <tr> <td>5% ≤ C ≤ 25%</td> <td></td> <td>ATENCIÓN</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Noctivo en caso de inhalación Noctivo en contacto con la piel Noctivo en caso de ingestión Provoca irritación cutánea Provoca irritación ocular grave Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel </td> </tr> <tr> <td>≥ 1%</td> <td></td> <td>ATENCIÓN</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Puede provocar una reacción alérgica en la piel </td> </tr> <tr> <td>≥ 0,2%</td> <td></td> <td>ATENCIÓN</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Puede provocar una reacción alérgica en la piel </td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabla 1. Clasificación de peligrosidad de distintas disoluciones de formaldehído en agua</i></p>	CONCENTRACIÓN (C)	PICTOGRAMA	PALABRA DE ADVERTENCIA	INDICACIONES DE PELIGRO	≥ 26%		PELIGRO	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Tóxico en caso de inhalación Tóxico en contacto con la piel Tóxico en caso de ingestión Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel 	5% ≤ C ≤ 25%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Noctivo en caso de inhalación Noctivo en contacto con la piel Noctivo en caso de ingestión Provoca irritación cutánea Provoca irritación ocular grave Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel 	≥ 1%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Puede provocar una reacción alérgica en la piel 	≥ 0,2%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Puede provocar una reacción alérgica en la piel
CONCENTRACIÓN (C)	PICTOGRAMA	PALABRA DE ADVERTENCIA	INDICACIONES DE PELIGRO																		
≥ 26%		PELIGRO	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Tóxico en caso de inhalación Tóxico en contacto con la piel Tóxico en caso de ingestión Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel 																		
5% ≤ C ≤ 25%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Noctivo en caso de inhalación Noctivo en contacto con la piel Noctivo en caso de ingestión Provoca irritación cutánea Provoca irritación ocular grave Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar una reacción alérgica en la piel 																		
≥ 1%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Se sospecha que provoca cáncer Puede provocar una reacción alérgica en la piel 																		
≥ 0,2%		ATENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Puede provocar una reacción alérgica en la piel 																		

ANEXO 2: El formaldehído límites de exposición profesional de varios países y o agencias

País	Ocho límite de horas de exposición (ppm)	límite a corto plazo (ppm)	límite de techo (ppm)
Australia	1	2	-
Argentina	-	-	0.3
Bélgica	-	-	0.3
Brasil	-	-	1.6
Canadá – Alberta	0.75	-	2
Canadá - British Columbia	0.3	-	1
Canadá – Manitoba	-	-	0.3
Canadá – Terranova	-	-	0.3
Canadá - Nueva Escocia	-	-	0.3
Canadá – Ontario	-	1	1.5
Canadá – Quebec	-	-	2
Dinamarca	-	-	0.3
Finlandia	0.3	-	1
Francia	0.5	1	-
Alemania (MAK)	0.3	0.6	1
Italia	-	-	0.3
Japón	0.1	-	0.2
Países Bajos	1	1.5	-
Noruega	0.5	1.5	-
Holanda(DECOS)	0.12	0.4	1
Sudáfrica	2	2	-
España	-	0.3	-
Suecia	0.5	-	1
Suiza	0.5	1	-
Reino Unido (HSE)	2	2	-
EE.UU. (ACGIH)	-	-	0.3
EE.UU. – NIOSH	0.016	0.1	-
EE.UU. – OSHA	0.75	2	-


ANEXO 3 : Check list utilizado para valorar las medidas de prevención

Medidas de prevención		Disponibilidad		Tipo	Uso/diseño		Comentarios	
		Si	No		Uso	No uso		
Colectivas	Sistema de ventilación general del ambiente	Sistema de ventilación mecánica		x			El aire ingresa a través de unos respiraderos metálicos en dos de las puertas de la sala y se elimina por los sistemas de extracción. Cuentan con un sistema de climatización.	
		Presión positiva/negativa		x				
		Calculo caudal de aspiración		x				
		Calculo del número de renovaciones hora del ambiente		x				
	Sistemas de extracción localizada		x		Aspiración parte posterior de la mesa de trabajo , armario de 3 cuerpos cada uno con sistema de extracción localizada	x		
	Orden y Limpieza		x			x		Varia de un trabajador a otro pero en general se observo que existe orden y se mantiene la limpieza
Eliminación de residuos		x		Sólidos y líquidos acoplados a la mesa de trabajo con extracción localizada	x			
Formación del personal		x					Dos veces por año, también se observaron afiches con las normas de prevención en las puertas de la sala de corte.	
Individuales	Protección respiratoria		x		Mascarillas 3M 7500 Filtros Axp3 y A1 para vapores orgánicos		x	Se encuentran en el almacén del servicio
	Guantes		x		Sempercare nitrile skin Sempermed classic	x		Cumplen las normas UNE 455. Se utiliza doble guante nitrilo o látex para manipular piezas frescas, y cambio periódico de guantes
	Ropa de protección		x				x	Las batas que utilizan son de manga corta, quedando el antebrazo descubierto.
	Gafas de protección		x				x	
Áreas de trabajo	Descripción del área	Zonas de riesgo de emisión de formaldehído	Focos de emisión	Puestos de trabajo	Tiempo de exposición	Comentarios		
Sala de corte	*Trabajan de 6 a 7 personas, 1 o 2 en cada mesa de trabajo. *Tres mesas de trabajo de metal con extracción localizada en la parte posterior, un fregadero con lavador de ojos y contenedores de residuos sólidos y líquidos acoplados a la parte derecha de la mesa de trabajo . *Tres ordenadores y dos máquinas dispensadoras de casetes.	Mesas de trabajo: durante la realización del corte de tejidos y el vaciado de casetes	*Al colocar o retirar la pieza en una perfusión de formaldehído al 4%. Realización de los cortes de la muestra fijada en formaldehído. *Vaciado de los casetes en perfusión de formaldehído del frasco y su colocación a un soporte (gradilla) *Vertido manual del formaldehído restante a un contenedor acoplado a la mesa de trabajo que cuenta con tapa dentro del mismo sistema de extracción	*Técnicos de laboratorio *Médicos residentes de anatomía patológica	Técnicos 5 a 6 horas Residentes 4 horas	Se detectaron riesgos biológicos y ergonómicos durante la observación de los puestos de trabajo. Ajenos al objetivo del estudio que se comentaron al servicio de prevención.		

ANEXO 4: Procedimiento de medición

Calibración inicial:

- Chequeo Físico del Calibrador.
- Unir el Calibrador de Flujo al Tren de Muestreo.
- Encender Bomba de Muestreo oprimiendo OFF/ON.
- Ajustar la Bomba de Muestreo al “Caudal Requerido” (0,5 L/min para la muestra de corta duración y 0,2 L/min para la muestra de larga duración) y dejar que se estabilice.
- Registro del número de identificación de cada Bomba de Muestreo y Caudal Inicial en fichas diseñadas para la calibración y muestreo.

Medidor de caudal y calibrador Drycal Defender 510	Procedimiento y montaje de la calibración
	

Medición propiamente dicha:

- Montaje de la bomba y el tubo de muestreo en el trabajador asignado.
- Se colocó el tubo de muestreo a la altura de la zona respiratoria del trabajador.
- La bomba de muestreo sujeta en el bolsillo del trabajador.
- Se puso en marcha la bomba para comenzar la toma de la muestra anotando el caudal y la hora inicial.
- Finalizada la toma de muestra se anotó el tiempo transcurrido.
- Se desconecta la bomba, se retiran los tubos de muestreo, se cierran los extremos con tapones, etiquetando adecuadamente cada tubo.
- Registro de la información en fichas prediseñadas.

Muestreos personales, trabajadores con la bomba de muestreo instalada	
	

Calibración final de la bomba

- Registro del número de identificación de cada Bomba de Muestreo y Caudal final en fichas diseñadas para la calibración y muestreo.

CALIBRACIÓN Y MUESTREO PERSONAL FORMALDEHIDO SOPORTE CON TUBOS SILICAGEL+ DNP														
Ubicación	Puesto de trabajo	Tarea/actividad muestreada	Fecha	Ref. Muestra	Caudal			Hora inicial	Hora final	Tiempo total	Volumen litros	Aparatos y material		
					Inicial	Final	Promedio					Bombas de muestreo	Medidor de caudal/calibración	
Sala de cortes mesa 3	Médico residente patólogo	Cortes de tejido impregnado: colon sigmoides pieza grande	Lunes 31/01/11 Tarde	2	0,19535	0,19503	0,195	15:53	17:14	81	15,81	MSA SKE Deluxe N° 0852771	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 1	Técnico laboratorio	Cortes de tejido impregnado: piel piezas pequeñas	Lunes 31/01/11 Tarde	4	0,56466	0,56289	0,564	16:11	16:26	15	8,46	MSA Escort ELF N°80496	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 1	Técnico laboratorio	Vaciado de casetes y colocado en gradillas	Lunes 31/01/11 Tarde	6	0,56466	0,56289	0,564	16:28	16:53	25	14,1	MSA Escort ELF N°80497	Drycal defender 510	
Blanco	Blanco	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	8	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<	<<<<<<<<<<<<<<
Sala de cortes mesa 1	Técnico laboratorio	Cortes de tejido impregnado: ginecológicas	Miércoles 02/02/11 Mañana	10	0,19292	0,19208	0,192	11:01	12:19	78	14,98	MSA SKE Deluxe N° 0852771	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 2	Técnico laboratorio	Cortes de tejidos impregnados: ginecológicas	Miércoles 02/02/11 Mañana	12	0,19292	0,19208	0,192	12:19	13:25	66	12,67	MSA SKE Deluxe N° 0852772	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 1	Técnico laboratorio	Cortes de tejidos impregnados: piel	Miércoles 02/02/11 Mañana	14	0,22399	0,22604	0,225	10:52	12:08	76	17,1	MSA SKE Deluxe N° 0852773	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 1	Médico residente patólogo	Cortes de tejido impregnado: próstata, testículo	Miércoles 02/02/11 Tarde	16	0,19208	0,19051	0,191	15:34	17:13	99	18,91	MSA SKE Deluxe N° 0852774	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 1	Médico residente patólogo	Vaciado de casetes y colocado en gradillas	Miércoles 02/02/11 Tarde	18	0,22604	0,22758	0,227	16:51	17:06	15	3,41	MSA Escort ELF N°80496	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 2	Técnico laboratorio	Cortes de tejido impregnado: ginecológicas, pulmonares	Viernes 04/02/11 Mañana	20	0,18242	0,182	0,182	11:37	12:31	54	9,83	MSA SKE Deluxe N° 0852771	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 2	Médico residente patólogo	Cortes de tejido impregnado: ginecológicas	Lunes 08/02/11 Tarde	80	0,18183	0,18132	0,182	15:33	17:28	115	20,93	MSA SKE Deluxe N° 0852772	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 3	Médico residente patólogo	Cortes de tejido impregnado: bazo, próstata	Lunes 08/02/11 Tarde	81	0,2262	0,22647	0,226	16:15	16:46	32	7,23	MSA Escort ELF N°80496	Drycal defender 510	
Sala de cortes mesa 3	Médico residente patólogo	Vaciado de casetes y colocado en gradillas	Lunes 08/02/11 Tarde	82	0,2262	0,22647	0,226	17:23	17:38	15	3,29	MSA Escort ELF N°80496	Drycal defender 510	

ANEXO 5: Cálculos que aplican a los resultados del análisis de laboratorio

El resultado de las mediciones de los muestreos en el laboratorio se obtiene en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ por lo que se calcula la cantidad de formaldehído presente en la muestra, en miligramos, mediante la siguiente expresión:

Donde:

$$ms = \frac{C1 + C2 - Cb}{R} * Vd * 10^{-3}$$

ms es la cantidad de formaldehído presente en la muestra en mg

C1 es la concentración de formaldehído en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en la disolución resultante de la extracción de la sección frontal del tubo de muestreo

C2 es la concentración de formaldehído en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ en la disolución resultante de la extracción de la sección posterior del tubo de muestreo

Cb es la concentración de formaldehído presente en el blanco de muestra, en $\mu\text{g}/\text{ml}$

R es la recuperación analítica

Vd es el volumen de disolución de extracción en ml

10⁻³ es el factor de conversión a mg

Determinación de la concentración de formaldehído en el aire muestreado

Con el resultado de las muestras en miligramos por metro cubico se calcula la concentración de formaldehído en el aire muestreado, por medio de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{ms}{V}$$

C es la concentración de formaldehído en el aire muestreado en mg/m^3 ,

ms es la cantidad de formaldehído presente en la muestra en mg obtenida

V es el volumen de aire muestreado en m^3 .

Índice de exposición

Para valorar el riesgo de exposición se calcula el Índice de exposición en el caso de las de corta duración de 15 minutos se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$IE = \frac{C}{VLA - EC}$$

IE = índice de exposición

C = Concentración media relativa al tiempo de exposición

VLA-EC = Valor límite de exposición corta del agente químico para un tiempo de exposición de 15 min

Para el cálculo del índice de exposición que valora la exposición Diaria se aplica la siguiente ecuación

$$IE = \frac{C * Te}{VLA - ED * Tr}$$

IE = índice de exposición

C = Concentración media relativa al tiempo de exposición

Te = Tiempo de exposición al agente químico en cuestión, durante la jornada laboral

VL = Valor límite del agente químico para un tiempo de exposición **Tr**

Tr = Tiempo de referencia del valor límite, habitualmente 8 horas / día.

La interpretación de los resultados será:

Riesgo aceptable: IE < 0,1 (10%): La exposición está por debajo del máximo admisible esta conclusión permite mantener las condiciones de trabajo hasta que se produzcan cambios.

Riesgo incierto IE 0,1-1 (10%- 100%) Existen dudas acerca de la magnitud de la exposición y debe establecerse un programa de muestreos periódicos que permitan acotar mejor los resultados de la evaluación o controlar que no se supera el valor máximo considerado

$IE < 0,25$ repetir muestreos a las 64 semanas; $0,25 < IE < 0,50$ repetir muestreos a las 32 semanas

$0,50 < IE < 1$ repetir muestreos a las 16 semanas.

Riesgo inaceptable IE > 1 (100%) La exposición está por encima del máximo admisible. Exige la adecuación inmediata de medidas preventivas.

ANEXO 6: Descripción del puesto de trabajo

Figura 1 Esquema de la Sala de corte

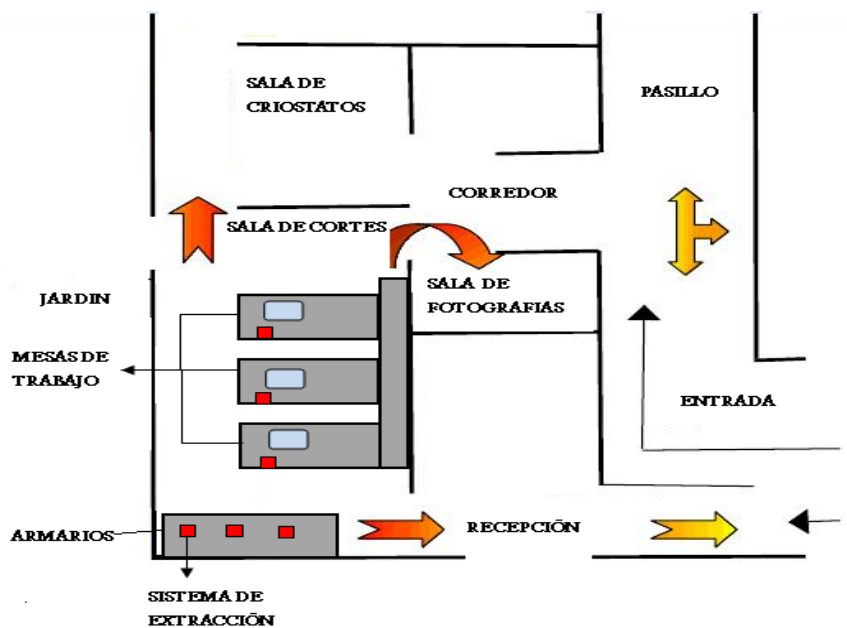


Figura 2 Mesas de trabajo y sistemas de extracción localizada

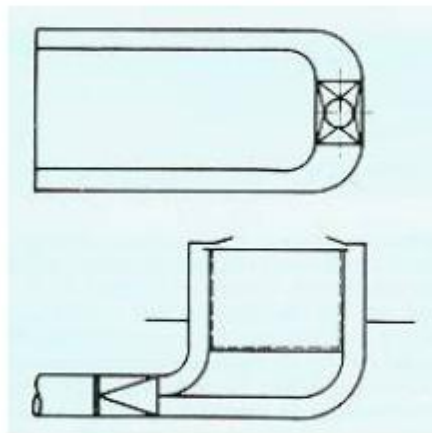


ANEXO 7: Instalación recomendada para la realización de Biopsias (NTP 248: Formaldehído: su control en laboratorios de Anatomía y Anatomía Patológica)

Las biopsias (cortes de tejidos) sobre piezas anatómicas conservadas en formaldehído deben ser realizadas bajo extracción localizada con el fin de retirar los vapores del contaminante de la atmósfera respiratoria del operador y eludir la contaminación del área. El sistema adecuado puede ser la instalación de una "vitrina" diseñada en función de la superficie de trabajo requerida.

Habitualmente, es suficiente con un área de 1 m de largo por 0,5 m de ancho. Sobre una base de estas medidas se puede construir una vitrina con frente de vidrio y una abertura tal que permita las manipulaciones y la observación. Sobre el fondo de aquélla, se implanta directamente un extractor o bien se acopla el conducto hasta aquél. La altura de la vitrina puede restringirse al mínimo posible. La velocidad de paso de aire a lo largo de la ventana creada, debe ser del orden de 0,7 metros por segundo, lo cual puede conseguirse incluso con extracciones de baja potencia dada la reducida dimensión de la instalación.

La figura muestra un esquema de la posible vitrina, con una ventana de 1 metro de largo por 0,30 metros de ancho. Si las dimensiones de la vitrina construida son discretas, bastará con disponer el extractor o la boca del conductor en el centro, para obtener cierta uniformidad en el paso de aire a través de la ventana. Si por el contrario las dimensiones son considerables, será necesario instalar baffles que permitan distribuir uniformemente el flujo de aire.



Instalación recomendada para la realización de biopsias

ANEXO 8: Prioridades en la elección de medidas preventivas

Prioridad en la elección de medidas preventivas					
Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al			
		Agente Químico	Proceso o instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1°	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso	Sustitución del proceso Utilización de equipos intrínsecamente seguros		Automatización Robotización Control remoto
2°	Reducción- Control del riesgo	Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico	Proceso cerrado Cabinas de guantes Aumento de la distancia Mantenimiento preventivo Extracción localizada Equipos con extracción local incorporada Cubetos de Retención	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para los trabajadores Drenajes Control de focos de ignición	Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3°	Protección del trabajador				EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular. (RD773/1997) Ropa de trabajo