

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROGRAMA DE MONITOREO DE AGENTES QUIMICOS  
EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL

INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

PAFAEL DE JESUS ECHAVARRIA SOTO  
INGENIERO QUIMICO

1990

**FAILA DE COPIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	PAGINA
<b>I. CONCEPTOS GENERALES.</b>	
1.1. INTRODUCCION.	1
1.2. HIGIENE INDUSTRIAL.	2
1.3. OBJETIVO DEL PRESENTE TPABAJO.	6
<b>II. TECNICAS DE MUESTREO.</b>	
2.1. EQUIPO DE MUESTREO.	7
2.1.1. Instrumentos de Lectura Directa.	7
2.1.2. Instrumentos de Toma de Muestra para Análisis en el laboratorio.	8
2.2. BOMBAS DE MUESTPEO	10
2.2.1. Medidor de Flujo.	11
2.2.2. Regulador de Flujo.	12
2.2.3. Bomba de Succión.	13
2.3. MEDIOS DE COLECCION.	14
2.3.1. Tubos Adsorbedores.	15
2.3.2. Filtros.	20
2.3.3. Burbujeadores.	23
2.3.4. Monitores Pasivos.	24
2.4. CALIBRACION DE BOMBAS DE MUESTREO.	27
2.4.1. Importancia.	27
2.4.2. Instrumentos para la Calibración.	27
2.4.3. Calibración con Medidor de Burbuja.	28

III. PROGRAMA DE MONITOREO DE AGENTES QUIMICOS.	
3.1. IMPORTANCIA.	31
3.2. CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES.	31
3.2.1. Instructivo No. 10.	32
3.2.2. Valor Umbral Limite (TLV).	32
3.2.3. Otros Criterios de Concentraciones Máximas.	38
3.3. ESTRATEGIA DE MUESTREO.	40
3.3.1. Tipos de Muestreo.	40
3.3.2. Duración de los monitoreos.	42
3.4 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.	44
IV. EJEMPLO PRACTICO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO DE AGENTES QUIMICOS EN UN MEDIO AMBIENTE LABORAL.	
4.1. Antecedentes.	45
4.2. Etapa de Reconocimiento.	46
4.3. Etapa de Evaluación.	50
4.4. Análisis de resultados.	66
V. CONCLUSIONES.	67
VI. BIBLIOGRAFIA.	70

## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u> <u>No.</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>PAGINA</u>
1	EQUIPO BASICO DE SALUD OCUPACIONAL	1
2	SISTEMA DE MUESTREO	10
3	BOMBA DE SUCCION	13
4	PARTES DE UN TUBO ADSORBEDOR	15
5	TUBO ADSORBEDOR DE CARBON ACTIVADO ESTANDARIZADO	16
6	PORTAFILTROS PARA MONITOREO DE POLVOS Y HUMOS	22
7	BURBUJEADORES O IMPACTORES	23
8	MONITOR PASIVO	25
9	CALIBRADOR CON MEDIDOR DE BURBUJA	28
10	TIPOS DE MONITOREO PARA UNA JORNADA DE TRABAJO DE 8 HORAS	43
11	FUENTE DE GENERACION DE VAPORES	46
12	PROCESO DE EVALUACION	50

## INDICE DE TABLAS

TABLA I. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OPERADOR 1	PAG.	60
TABLA II. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OPERADOR 2	PAG.	62
TABLA III. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OBRERO	PAG.	64

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA I. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OPERADOR 1	PAG.	61
GRAFICA II. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OPERADOR 2	PAG.	63
GRAFICA III. -	MONITOREO AMBIENTAL. - OBRERO	PAG.	65

#### ABREVIATURAS

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
NIOSH	Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (National Institute of Occupational Safety and Health).
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration).
CIAS	Conferencia Interamericana de Seguridad.
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social.
TLV	Valor Umbral Límite (Threshold Limit Value).
TWA	Promedio Poderado con el Tiempo (Time Weighted Average).
STEL	Límite de Exposición para Periodos Cortos (Short Term Exposure Limit).
C	Valor Techo (Ceiling).

#### UNIDADES

ppm	partes por millón.
mg/m <sup>3</sup>	miligramos por metro cubico.
ml/min	mililitros por minuto.
l/min	litros por minuto.
°C	grados centigrados.
cm	centimetros
mg	miligramos
ppb	partes por billion
min	minutos
cm <sup>3</sup> /min	centimetros cubicos por minuto



# I. CONCEPTOS GENERALES.

## 1.1. INTRODUCCION.

En la actualidad los problemas causados por la contaminación del medio ambiente han captado la atención de diversos grupos de estudiosos de las ciencias exactas y humanas. Por otro lado, el hombre como parte de un sistema ecológico está expuesto durante el día a una cantidad muy diversa de agentes ambientales; pero existen ciertas labores que desarrolla en las cuales, además, está en contacto con otro tipo de agentes que la mayoría de la veces son más agresivos y dañinos a su salud. Debido a los dos conceptos anteriores se está dando mucho énfasis a los agentes ambientales que están presentes en su medio ambiente laboral y que son capaces de causar efectos en la salud o en el comportamiento del ser humano. Desde hace relativamente poco tiempo (década de los 40's) se ha comenzado a integrar una rama de la Seguridad Industrial y de la Salud Ocupacional que trata con los aspectos mencionados (ver figura 1). Esta nueva ciencia se llama Higiene Industrial.

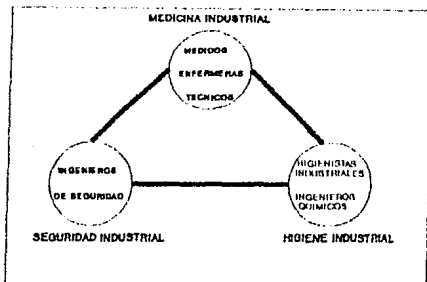


FIGURA 1

EQUIPO BASICO DE SALUD OCUPACIONAL

## 1.2. HIGIENE INDUSTRIAL.

La Higiene Industrial, tal como la define la ASOCIACION AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIALES (ACGIH), es la ciencia que se dedica al RECONOCIMIENTO, EVALUACION y CONTROL de aquellos agentes quimicos que surgen en o con motivo del trabajo y que pueden causar enfermedad, deterioro de la salud o del bienestar, incomodidad o ineficiencia marcada entre los trabajadores o malestar al realizar las labores cotidianas. El profesionista dedicado a esta labor es el Higienista Industrial siendo el Ingeniero Quimico la persona idónea para ocupar este puesto dentro de una empresa. Dentro de esta definicion se encuentra contemplada la metodologia de estudio de la Higiene Industrial que a continuacion se explica:

### RECONOCIMIENTO

De los factores ambientales que influyen sobre la salud de los trabajadores; esto implica un conocimiento profundo de los productos, los metodos de trabajo, los procesos y las instalaciones.

### EVALUACION

De los riesgos a corto y largo plazo, a través de la medicion de las condiciones ambientales y su comparación con los estandares o limites maximos permisibles. Para ello sera necesario la aplicacion de las tecnicas de muestreo y/o medicion directa, y en caso necesario, el analisis de las muestras en un laboratorio quimico.

## CONTROL

De los riesgos, de acuerdo con los datos obtenidos en la fase anterior. Las medidas correctivas vendrán dadas según sea el caso en forma de sustitución de productos o procesos, medidas de ingeniería y/o administrativas, reducción de los tiempos de exposición o dotando al personal de equipo de protección personal.

Se menciona también en la definición de la Higiene Industrial que el hombre durante sus labores rutinarias de trabajo puede estar expuesto a una serie de factores o agentes ambientales. A continuación se clasifica y describe los tres grupos principales de agentes ambientales: FÍSICOS, QUÍMICOS y BIOLÓGICOS:

### AGENTES FÍSICOS

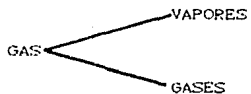
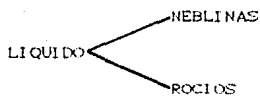
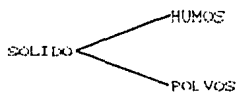
Son las diferentes formas de energía que pueden estar presentes en los medios ambientes laborales; por ejemplo:

- RUIDO
- VIBRACIONES
- CALOR
- RADIACIONES IONIZANTES
- RADIACIONES NO IONIZANTES
- PRESIONES ANORMALES

### AGENTES QUÍMICOS

Son sustancias químicas presentes en el medio ambiente; se clasifican desde dos puntos de vista:

a) según su estado físico:



b) según su acción sobre el cuerpo humano:

IRITANTES

ASFIXIANTES

ANESTESICOS

NARCOTICOS

VENENOS SISTEMICOS

SILICOGENICOS

CARCINOGENICOS

TERATOGENICOS

## AGENTES BIOLÓGICOS

Son microorganismos que pueden generarse en o con motivo del trabajo en cierto tipo de industrias; se dividen en:

VIRUS

BACTERIAS

RICKETSIAS

HONGOS

PARASITOS

Existen otro tipo de agentes ambientales (por ejemplo, los AGENTES PSICOSOCIALES), que también entran dentro del ámbito de estudio de la Higiene Industrial.

Para completar el campo de estudio de la Higiene Industrial se mencionará que la SEGURIDAD DEL PRODUCTO Y ERGONOMIA forman parte de ella, sin embargo, actualmente no se tiene un conocimiento muy profundo de estos temas.

### 1.3. OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO.

Como se puede apreciar en la definición de Higiene Industrial, su campo de acción es muy grande, por lo que para este trabajo se ha tomado una pequeña porción de ella, en la cual se profundizará más. De las tres partes de la metodología de estudio de la Higiene Industrial, se decidió elegir la etapa de EVALUACION y muy particularmente lo que se refiere a las mediciones ambientales de agentes químicos, cuyo fin es conocer la cantidad de sustancia química a la cual los trabajadores pueden estar expuestos en un determinado medio laboral. Por ello, el objetivo de esta tesis es:

Proporcionar el conocimiento necesario para realizar la medición de la concentración ambiental de agentes químicos presentes en un medio ambiente laboral de cualquier tipo de industria, utilizando bombas de flujo continuo como equipo de muestreo.

Para ello se describirá el equipo y técnicas empleadas para los muestreos de agentes químicos, así como el desarrollo de un caso problema en el cual se utilizarán los conocimientos adquiridos en los próximos capítulos.

## 11. TECNICAS DE MUESTREO.

### 2.1. EQUIPO DE MUESTREO.

Para la evaluación de agentes químicos en un medio ambiente laboral existen varios dispositivos que permiten conocer la concentración de una sustancia química que se encuentre presente en el aire. Se clasifican en:

#### 2.1.1. Instrumentos de lectura directa.

Son aparatos en los que el muestreo y el análisis se realizan con el propio instrumento, obteniéndose la concentración de un determinado contaminante, a partir de la lectura reflejada en la carátula o indicador. Estos instrumentos pueden ser portátiles o bien ubicarse en las zonas de medición y se utilizan principalmente para las evaluaciones y controles preliminares, localización de focos de contaminación (fugas en conductos o recipientes) o estimación de posible daño a la salud. Estos instrumentos a su vez se dividen en:

a) monitores continuos y discontinuos: están constituidos fundamentalmente por un sensor de entrada, que genera una señal eléctrica constante (monitor continuo) o a intervalos regulares (monitor discontinuo), proporcional a la concentración del contaminante presente en el medio ambiente y que es registrada en una carátula o impresa en un diagrama o cinta. Algunos ejemplos de estos dispositivos son:

- cromatógrafo de gases portátil
- contadores de partículas
- explosímetros
- medidores de CO, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, etc.

b) dispositivos colorimétricos.

El fundamento de estos dispositivos es la reacción colorimétrica que se produce al entrar en contacto el contaminante buscado con el componente químico específico que contiene un soporte y por el que se hace pasar el aire ambiental. Estos instrumentos se dividen en:

- indicadores personales
- tubos colorimétricos

### 2.1.2. Instrumentos de toma de muestra para análisis en el laboratorio.

Debido a las limitaciones de algunos aparatos de lectura directa, o a las posibles interferencias que pueden producirse con otros contaminantes u otros problemas relacionados con la precisión y exactitud necesarias para algunas evaluaciones de riesgos en el medio ambiente, en la Higiene Industrial se recurre muy comúnmente a la toma de muestras de los contaminantes, con su correspondiente traslado al laboratorio, para su posterior análisis, con técnicas e instrumentos que por su tamaño y características es prácticamente imposible manejarlos en el medio ambiente a analizar.

Los procedimientos de muestreo normalmente utilizados en Higiene Industrial se basan en el poder o eficacia de captación por parte de un determinado soporte o sustancia, haciendo pasar el aire contaminado a través del elemento de captura, normalmente por medio de una bomba de muestreo (más adelante se tratará este tema a fondo).

Existen otros métodos para recoger muestras y llevarlas al laboratorio para su análisis. Los instrumentos más comunes para la toma de muestras de aire son:



- Jeringas y tubos: Las jeringas utilizadas para este tipo de toma de muestras suelen ser de gran capacidad y una vez accionado el embolo, el deposito-contenedor del aire muestreado queda sellado herméticamente por un mecanismo de cierre. Los tubos de toma de muestra consisten básicamente en un recipiente cilíndrico de vidrio, con llaves de paso en cada extremo y una tubuladora lateral, efectuándose la toma de muestras por medio de una jeringa. Estos dos sistemas son válidos para la toma de muestras de cualquier tipo de gas.

- Bombas GFC o tubos de presión: consisten en unos recipientes cilíndricos de acero de 100 ml de capacidad que, mediante un mecanismo manual, comprime el aire hasta unas 25 atmósferas. Estos instrumentos son adecuados para capturar hidrocarburos ligeros, cloruro de vinilo, CO, CO<sub>2</sub>, etc.

- Bolsas inertes: Es el método más adecuado para la toma de muestras de aire contaminado por cualquier tipo de gas. Suelen llevar una válvula para permitir la entrada y salida del aire y un sello para obtener muestras mediante una jeringa. El principal sistema de llenado de las bolsas se realiza por medio de una bomba de muestreo impulsora, que permite conocer el volumen captado o muestrear durante largos periodos de tiempo. Una vez terminada la operación, la bolsa debe cerrarse cuidadosamente y comprobar que no existen pérdidas.

## 2.2. BOMBAS DE MUESTREO.

Las bombas de muestreo personal son las encargadas de hacer pasar un volumen conocido de aire a través del medio de colección o elemento de captación con el cual se logra separar el contaminante deseado del aire contaminado. El contaminante que se separa del aire muestreado se concentra en ó sobre el medio de colección. Estas bombas de muestreo integran dentro de un instrumento portátil los siguientes elementos fundamentales (Figura 2) para la toma adecuada de una muestra:

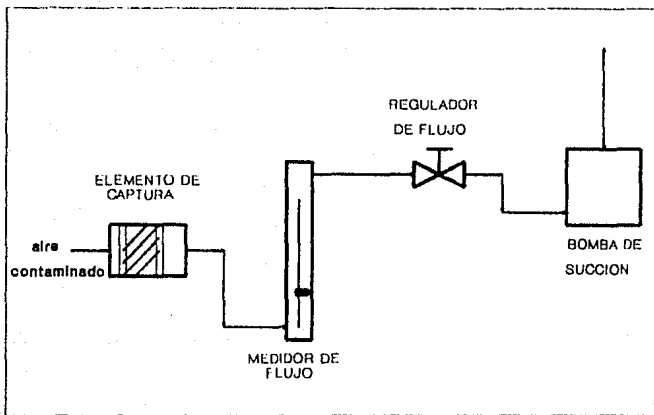


FIGURA 2  
SISTEMA DE MUESTREO

### 3.2.1. Medidor de flujo.

Un elemento fundamental en la determinación de la concentración de un contaminante en el aire es el medidor de flujo, por medio del cual se mide la cantidad de aire que pasa a través del medio de colección de una manera precisa. Existen diversos tipos de medidores de flujo, pero los más comúnmente utilizados en las bombas de muestreo son:

a) Rotámetros: consisten en un flotador dentro de un tubo cónico vertical cuya abertura mayor queda hacia arriba. El aire fluye hacia arriba a través de este tubo, haciendo que el flotador se eleve hasta que la caída de presión en la sección anular entre el tubo y el flotador es lo suficientemente grande para sostener el flotador. El tubo cónico por lo general está hecho de plástico o vidrio y tiene una escala que indica el flujo. El flujo se mide convencionalmente en el punto de diámetro máximo del flotador. Algunos tipos de flotadores son el esférico, plomada, carrete y el cilíndrico.

Los rotámetros son los medidores de flujo que se utilizan más comúnmente en los muestreadores de aire comerciales, especialmente en los portátiles, siendo su precisión de  $\pm 25\%$ , y cuando se calibran individualmente se puede obtener una precisión de  $\pm 5\%$ .

b) Contadores de vueltas: debido a que por lo general las bombas de muestreo tienen como elemento de succión un diafragma movido por una viela y un motor y que cada desplazamiento del diafragma succiona un volumen constante de aire dado por la capacidad del mismo, se puede determinar el volumen estableciendo una relación entre el número de desplazamientos del diafragma y el volumen que succiona cada desplazamiento.

Es necesario recalcar la importancia que tiene el conocer en forma precisa el flujo de muestreo, puesto que con este tipo de instrumentos

el contaminante se separa del aire muestreado para su análisis posterior y la concentración se define como la cantidad del contaminante de interés por volumen de aire, según la fórmula siguiente:

$$\text{FLUJO} = \frac{\text{VOLUMEN DE AIRE}}{\text{TIEMPO}} \quad \text{y}$$

$$\text{CONCENTRACION} = \frac{\text{MASA DEL CONTAMINANTE}}{\text{VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO}}$$

### 2.2.2. Regulador de Flujo.

Es de vital importancia controlar el flujo de aire que pasa a través del medio de colección ya que de esto depende la eficiencia de colección. El control del flujo se logra por lo general utilizando válvulas de aguja o bien orificios críticos. El orificio crítico es un medio para obtener un flujo constante. El principio en el cual se basa este método es hacer pasar aire a través del orificio bajo condiciones "críticas" de flujo y de presión de entrada.

Existen varios tamaños de orificio que permiten obtener el flujo requerido para un determinado método de muestreo.

El flujo también se puede mantener constante utilizando una válvula de aguja que permita ajustar el flujo requerido.

En las bombas de muestreo comerciales el flujo puede variar a medida que el elemento de captura se va tapando, por lo que es necesario verificar el flujo durante el muestreo y en su caso realizar los ajustes necesarios.

En la actualidad existen equipos más sofisticados que mantienen el flujo de muestreo constante, ajustándolo a medida que el medio de colección presenta mayor resistencia al paso del aire.

### 2.2.3. Bomba de Succión.

La bomba de succión debe tener la potencia suficiente para hacer pasar el aire a través de todo el sistema de muestreo (Figura 2), bajo las condiciones más adversas de resistencia al flujo de aire.

Por lo general los instrumentos portátiles utilizan bombas de succión de tipo diafragma. Estas bombas están movidas por un motor eléctrico cuya fuente de energía son baterías recargables de Niquel-Cadmio (Ni-Cd) las cuales pueden ser recargadas varias veces antes de perder su poder. En la figura 3 se muestra un tipo de bomba de succión de flujo constante.

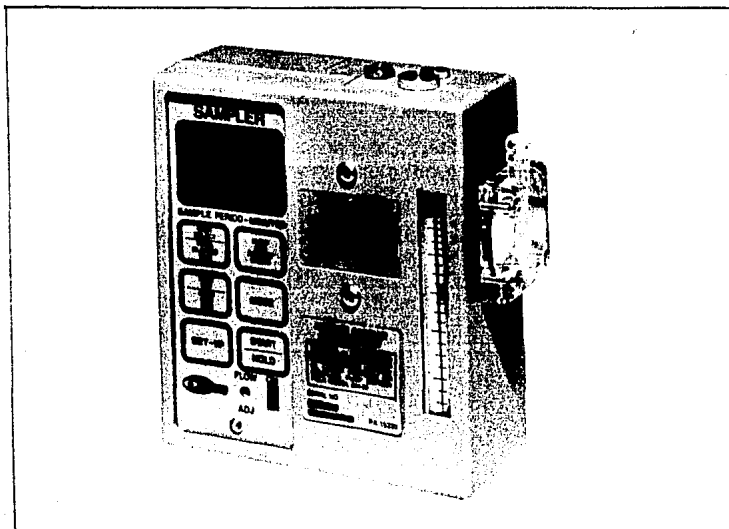


FIGURA 3

BOMBA DE SUCCION

### 2.3. MEDIOS DE COLECCIÓN.

Uno de los elementos más importantes en un sistema de muestreo es el medio de captura o colección del contaminante. Su función es separar el contaminante deseado del aire que se hace pasar a través de él y concentrarlo para su análisis posterior. Un medio de colección adecuado debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Eficiencia de colección aceptable para el o los contaminantes, pudiendo retener un contaminante específico en presencia de otros.
- Mantener esta eficiencia a un flujo de aire, el cual debe ser el necesario para obtener una cantidad de muestra suficiente para el método analítico que se va a utilizar en un periodo aceptable de tiempo.
- Disponer de un medio de desorción eficaz.
- Retener el contaminante en una forma química que sea estable durante el transporte de la muestra al laboratorio.
- Proporcionar la muestra en forma adecuada para el procedimiento analítico.
- Requerir de una mínima manipulación en el campo.
- La caída de presión al flujo de aire es mínima, lo que mantiene al mínimo el tamaño de la bomba.

Existen diferentes tipos de medios de captura que se utilizan para el muestreo de agentes químicos, de los cuales los más importantes son:

### 2.3.1. Tubos adsorbedores.

#### a) Descripción:

Los tubos adsorbedores son el medio de colección más ampliamente utilizado para un gran número de Agentes químicos, principalmente gases y vapores orgánicos. Estos tubos adsorbedores consisten de un tubo de vidrio empaquetado por lo general con dos secciones de algún material adsorbente (Figura 4).

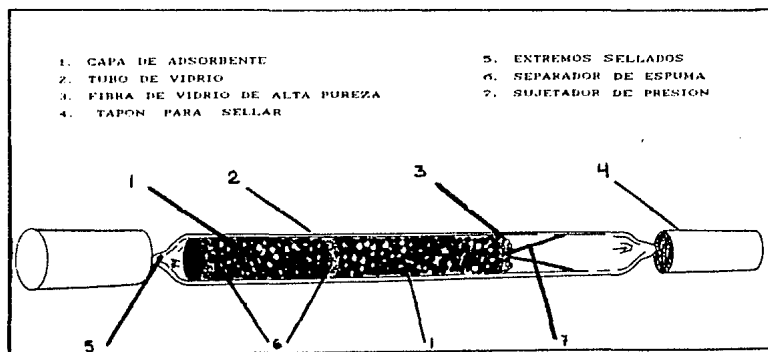


FIGURA 4

#### PARTES DE UN TUBO ADSORBEDOR

La sección mayor por lo general contiene 100 mg del material adsorbente y es la sección que se utiliza para coleccionar la muestra. La sección menor por lo general contiene 50 mg del mismo material adsorbente y sirve para asegurar que la sección donde se toma la muestra no haya sido saturada durante el muestreo y si esto sucedió, asegurar que no se pierda la muestra. El criterio a seguir para determinar si la sección menor se saturó durante el muestreo es el siguiente:

Si la cantidad de contaminante encontrado en la sección mas pequeña es mayor o igual al 25% de la cantidad encontrada en la sección mas grande, la muestra no es valida.

#### 10) Tipos de tubos adsorbedores:

En la actualidad existen diferentes tipos de tubos adsorbedores y aunque la mayoría son de vidrio los hay tambien metálicos.

En relación al tamaño del tubo, existen diversas medidas, siendo la más común la mostrada en la figura 5. El tamaño del tubo depende de dos factores: la concentración del contaminante en el medio ambiente y la capacidad del compuesto químico a muestrear para adsorberse en el material de captura.

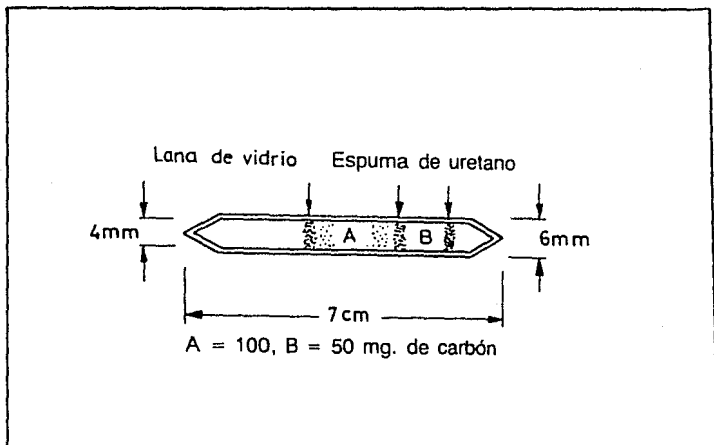


FIGURA 5

TUBO ADSORBEDOR DE CARBÓN ACTIVADO ESTANDARIZADO



c) Materiales de adsorción.

Los materiales más comúnmente utilizados para el muestreo de agentes químicos en un medio ambiente laboral son:

- carbón activado: estos son de un tipo de carbón vegetal que se obtiene principalmente de la corteza del coco, del carbón, de la madera turba y del petróleo. En el caso de muestreos de aire, los tipos de carbón más utilizados son los de cascara de coco o petróleo, que son activados por medio de vapor de agua, así como por medios químicos. El carbón de coco es el sorbente recomendado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Ocupacional de E.U.A. (NIOSH) desde 1978. El tubo de carbón activado estandar, (Figura 5), diseñado por la NIOSH, está hecho de vidrio y tiene 7 cm de longitud, 4 mm de diámetro interior y 6 mm de diámetro exterior, estando ambos extremos del mismo sellados hasta el momento del muestreo. Este tipo de tubos son el ejemplo típico, ya que están empacados con dos secciones como se indicó anteriormente. Delante de la primera sección (100 mg), hay un tapon de lana o fibra de vidrio silanizada de alta pureza y un espacio relleno de espuma de poliuretano separa las dos secciones de carbón activado, existiendo, asimismo, detrás de la segunda sección un espacio de 3 mm relleno de la mencionada espuma (Figura 6). El carbón activado se usa para muestrear: cetonas (Metil etil cetona), hidrocarburos aromáticos (benceno), acetatos (acetato de etilo), alcoholes (alcohol isopropílico), éteres (eter etílico), hidrocarburos alifáticos (hexano), hidrocarburos halogenados de bajo peso molecular (1,1,2,2-Tetracloretano), etc.

- tubos de sílica gel.

Por lo general la presentación comercial de estos es igual a la de los tubos de carbón activado, pero tienen secciones empacadas diferentes. Los tubos de sílica gel se utilizan para muestrear: aminas aromáticas (anilina), aminas alifáticas (dimetil amina), alcoholes (metanol), compuestos nitrados (nitrotolueno), etc.

- Tubos de polímero poroso.

Este tipo de material es tan utilizado como el carbón activado, aunque presenta una serie de problemas, tales como:

- El desplazamiento de compuestos menos volátiles.
- adsorción irreversible de algunos compuestos (aminas, glicoles y otros).
- Reacciones de oxidación, hidrólisis y polimerización de la muestra.
- Cambios químicos del contaminante debido a la presencia de gases y vapores reactivos como los óxidos de nitrógeno, sulfuro y ácidos orgánicos.
- Limitada capacidad de retención e inestabilidad térmica.
- Limitaciones de volumen, tiempo y flujo de muestreo.

De entre los polímeros porosos, disponibles, destacan las series: Poropak y Chromosorb, Tenax GC, Amberlita, resinas XAD, etc. Los polímeros porosos se utilizan para muestrear: Fosforo, nitrato de etilén glicol, nitroglicerina, óxido de estireno, acetato de vinilo, etc.

d) Uso de los tubos adsorbedores.

La muestra se toma rompiendo ambas puntas selladas del tubo, colocandolo en el sistema de muestreo y haciendo pasar una cantidad conocida de aire, a un flujo bajo (menos de 200 ml/min) a través del material adsorbente. La sección mayor del material adsorbente debe quedar hacia el aire ambiente y la sección menor hacia la bomba de succión. Al pasar el aire con el contaminante, este quedará retenido en el material adsorbente, pasando el aire libre de contaminante hacia la bomba. Una vez colectada la muestra, el tubo se sella perfectamente con los tapones de plástico provistos para tal fin y se envía al Laboratorio donde se extraen del tubo ambas secciones por separado y se les agrega un disolvente adecuado para desorber el contaminante. Las soluciones resultantes se analizan para cuantificar la cantidad de contaminante colectado en cada sección.

e) Este medio de colección tiene las siguientes ventajas:

- Es una técnica que puede ser aplicada a una amplia variedad de sustancias,
- Se puede alcanzar, con las mismas, un alto grado de selectividad (eligiendo un sólido adecuado),
- Esta técnica puede ser utilizada "in situ" y es de gran sencillez y bajo costo,
- Es un método muy eficaz para la medición de trazas de contaminantes (se pueden detectar sustancias a niveles de partes por billón),
- Normalmente el compuesto se conserva inalterable en el adsorbente, sin sufrir cambios en su composición química o en sus propiedades físicas.

### 2.3.2. Filtros.

Son los elementos más utilizados para la toma de muestras de material particulado en medio ambiente laboral, aunque tiene otras aplicaciones, como el coleccionar muestras de algunas neblinas ácidas o alcalinas y rocíos de algunos materiales viscosos como aceites minerales o algunos ftalatos (Dioctil ftalato). Son altamente usados por su pequeño tamaño, fácil manejo y análisis posterior confiable.

Los filtros pueden ser de diferentes materiales y cada uno de ellos tiene su aplicación específica. Los tipos de filtros más utilizados y las aplicaciones de cada uno de ellos son:

- Acetato de celulosa (éster de celulosa):

- + Metales y metaloides (Por ejemplo: As, Be, Cr, Cd, Pb, Sn, Se, Sb, Mn, Ba y Co).
- + Aceites minerales.
- + Sales de diazonio y colorantes azo.
- + Fibras de asbestos.
- + Fluoruros particulados.
- + Ftalatos
- + Acido sulfúrico
- + Fosfatos orgánicos.
- + Oxidos de vanadio, óxidos de fierro
- + Dinitrobenceno.
- + Peroxido de benzoilo.

- Fibra de vidrio:

- + Hidrocarburos aromáticos.
- + Compuestos solubles en benceno.
- + Benzidina y sus derivados.

- + Naftalenos halogenados.
  - + Plaguicidas (D.D.T., Lindano, Aldrin, Paradión, Malatión)
  - + Amino y nitro naftalenos.
  - + Estricnina.
- Cloruro de polivinilo (PVC):
- + Polvos totales.
  - + Oxidos de silicio (cuarzo, cristobalita).
  - + Aceites minerales.
  - + Nieblas de ácido crómico y cromo hexavalente.
  - + Negro de humo.
  - + Oxido de boro, oxido de zirconio.

De esta clasificación, los filtros de éster de celulosa y los de PVC, junto con los filtros de plata y los de nitrato de celulosa, forman parte de los filtros de membrana que se caracterizan por la uniformidad en el tamaño de sus poros (aumentando la eficiencia de captura al disminuir el tamaño del poro) y por su bajo contenido en metales. Un problema inherente a los filtros de membrana es el de su estabilidad a la pesada, debido a la capacidad de algunos de ellos (especialmente los de acetato de celulosa) para adsorber la humedad. Los filtros de fibra de vidrio están hechos con fibras irregulares de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  de diámetro y son más resistente que los anteriores.

Cualquiera que sea el tipo o tamaño de los filtros se colocan dentro de un portafiltros (Figura 6), el cual se conecta a la bomba de succión por medio de un soporte. Comercialmente los tamaños de los filtros son de: 13, 25, 37 y 102 mm; mientras que los diámetros de los poros más comunes son: 0.45, 0.8, 1.0, 2.0, 5.0  $\mu\text{m}$ .

Corte seccional de un portafiltros de 3 piezas

ENTRADA DE AIRE

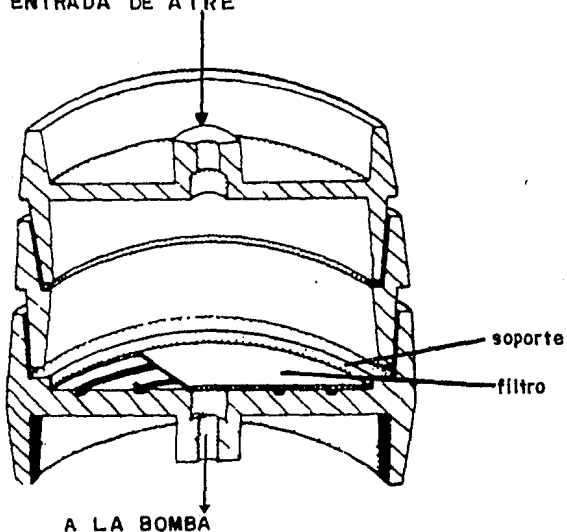


FIGURA 6

PORTAFILTROS PARA MONITOREO DE POLVOS Y HUMOS.

### 2.3.3. Burbujeadores.

Existe otro método también efectivo para la colección de gases y vapores, que consiste en hacer pasar la corriente de aire contaminado (por medio de una bomba de succión) a través de un líquido que sea capaz de retener al contaminante. Este líquido absorbente se encuentra contenido en unos frascos de vidrio o plástico con una boquilla sumergida en el líquido. Estos aparatos se conocen como burbujeadores o impactores (del inglés "impingers") (Figura 7 ). Al pasar el aire por la boquilla se forman burbujas de determinado diámetro, lo cual permite que el contaminante se ponga en contacto con la solución absorbente. Es preferible que el tubo de inmersión termine en un placa de vidrio poroso o sinterizado con el fin de mejorar la superficie de contacto entre el aire y el absorbente (Figura 7 b).

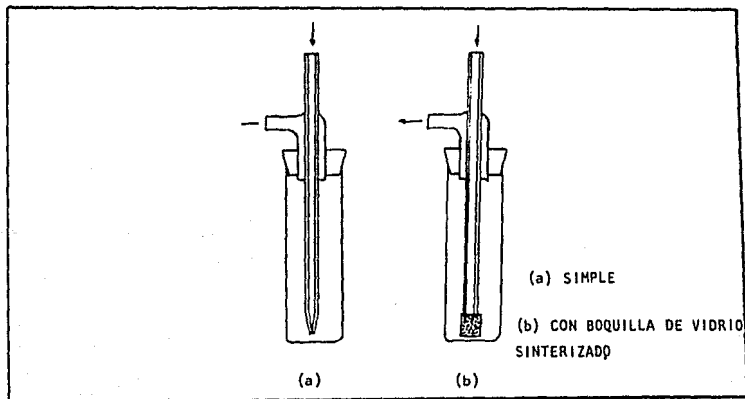
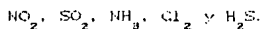


FIGURA 7

BURBUJEADORES O IMPACTORES

Para algunas aplicaciones se colocan varios burbujeadores en serie para aumentar la eficiencia del sistema de muestreo. Este método era muy utilizado, en los inicios de la Higiene Industrial, para el muestreo de varios compuestos químicos y fue ideado principalmente para la toma de muestras de aerosoles. En la actualidad el uso de estos equipos en la Higiene Industrial ha disminuido debido al gran desarrollo de técnicas más simples que no requieren el uso de soluciones que en cualquier momento se pueden derramar. Sin embargo, siguen teniendo algunas aplicaciones por ser el mejor medio para coleccionar los siguientes compuestos:



Al finalizar el monitoreo se envía el burbujeador, con el líquido absorbente y el contaminante disuelto en él, al laboratorio para su análisis químico para cuantificar la cantidad de contaminante retenido en la solución. Los métodos analíticos generalmente utilizados son colorimétricos o volumétricos (por titulación).

#### 2.3.4. Monitores Pasivos.

A partir de la década de los 70's se han comenzado a desarrollar varios tipos de dispositivos de tamaño pequeño que se adosan a la solapa del trabajador, eliminando la necesidad de utilizar una bomba de muestreo para hacer pasar el aire contaminado a través del medio de colección ya que están basados en la difusión de las moléculas del contaminante del medio ambiente al medio de adsorción. Estos dispositivos, denominados muestreadores o monitores pasivos, consisten básicamente, en un lecho adsorbente, normalmente carbón activado, separado del medio ambiente exterior por una membrana permeable, ambos



colocados sobre un soporte de plástico o metal el cual tiene un clip para asegurarse a la solapa del trabajador (Figura 8).

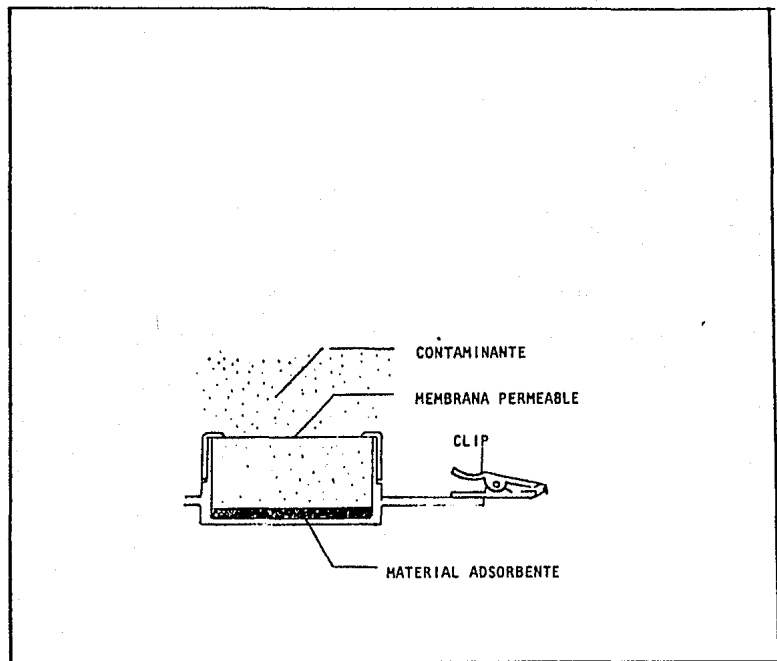


FIGURA 8  
MONITOR PASIVO

La cantidad del contaminante adsorbido depende del tiempo de exposición del monitor al aire ambiente y de la concentración del contaminante presente.

El monitor se saca de su empaque en el momento del muestreo y se coloca lo más cercano posible a la zona respiratoria del trabajador, registrando la hora inicial de exposición del monitor. Al finalizar el periodo de muestreo se retira el monitor del trabajador registrando la hora final de exposición y se tapa el monitor con la tapa provista para ello. El monitor se coloca en su bolsa original y se envía al laboratorio para su análisis, en donde se le pone al monitor 1.5 ml de bisulfuro de carbono para desorber el contaminante y la solución resultante se inyecta a un cromatografo de gases para cuantificar la cantidad colectada. La concentración media ponderada con el tiempo se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{CONC} = \frac{\text{PESO DEL CONTAMINANTE (Nanogramos)}}{\text{FLUJO DE MUESTREO (cm}^3\text{/min)} \times \text{TIEMPO TOTAL DE MUESTREO (min)}}$$

Donde la concentración se obtiene en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

El peso del contaminante se calcula a partir de los resultados que el laboratorio obtiene.

El flujo de muestreo es una característica de cada tipo de monitor y se obtiene de las tablas que el fabricante proporciona (son calculados con ecuaciones empíricas y verificadas experimentalmente). A pesar de la simplicidad de estos dispositivos su aplicación no se ha generalizado, ya que se han realizado estudios (por ejemplo la Fundación MAPFRE en España), que han demostrado su ineffectividad para algunas condiciones de muestreo (bajas concentraciones, alta humedad) o para algunos compuestos.

## 2.4. CALIBRACION DE LAS BOMBAS DE MONITOREO.

### 2.4.1. Importancia.

En el inciso 2.2 se habló de las bombas de muestreo y particularmente del medidor de flujo cuya función se mencionó que era la de medir la cantidad de aire con contaminante que pasa a través del medio de colección. Los medidores mencionados (rotámetro y contador de vueltas), por su propia naturaleza, no permiten dar una lectura precisa del valor del flujo de aire, por lo que es necesario llevar a cabo la calibración de estos dispositivos.

Con la calibración se logra conocer el valor real de volumen de aire muestreado, lo cual es necesario para conocer la concentración del contaminante en el aire lo más exactamente posible. El hecho de no calibrar estos equipos lleva a tener valores de concentración erróneos que, bajo ciertas condiciones, pueden llegar a ser muy distintos a los verdaderos, corriéndose el riesgo de exponer a los trabajadores a los contaminantes en forma innecesaria o implantar medidas de control que no son necesarias y cuyo costo suele ser muy alto.

### 2.4.2. Instrumentos para calibrar.

Existen varios instrumentos para llevar a cabo la calibración de los medidores de flujo, por ejemplo:

- gasómetros
- espirómetros
- medidor de prueba húmeda
- medidores de burbuja
- calibradores electrónicos.

A continuación se mencionara como se realiza la calibración con el mas simple y economico de los calibradores: el medidor de burbuja.

#### 2.4.3. Calibración con medidor de burbuja (Figura 9).

Consiste de una probeta con ambos extremos cortados (del tamaño más adecuado para el flujo que se vaya a medir), cuya superficie interior se humedece con una solución jabonosa. Si se coloca una burbuja en la parte inferior y se hace succión en la parte superior, la burbuja comenzará a desplazarse hacia arriba. El flujo de aire (volumen por unidad de tiempo) que está pasando por la bomba, se determina midiendo el tiempo que le toma a la burbuja en desplazarse entre dos marcas preestablecidas en la probeta, las cuales indican un volumen conocido.

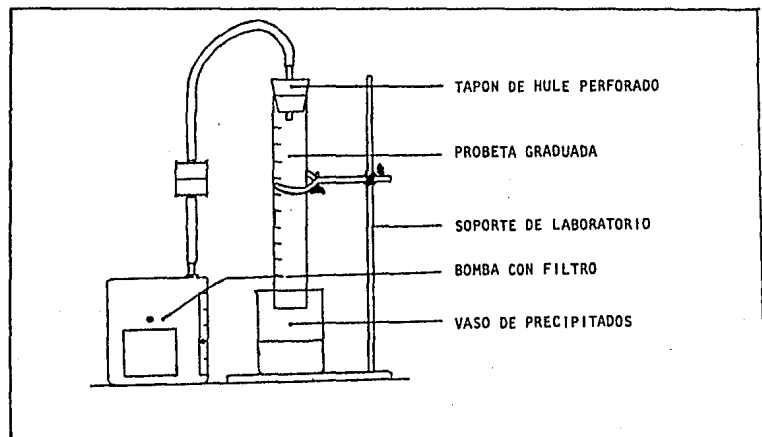


FIGURA 9

CALIBRADOR CON MEDIDOR DE BURBUJA

Este dispositivo tan sencillo se puede fabricar con los siguientes elementos:

- Probeta de vidrio graduada de 500 ml (cortada por la base)
- Soporte de laboratorio
- Pinzas para bureta
- Matraz de 250 ml
- Vaso de precipitados de 250 ml
- Tapones de hule
- Tubería de vidrio
- Tubería de hule (de preferencia de Tygon)
- Cronómetro

Al momento de la calibración las baterías de las bombas deben estar completamente cargadas.

Siempre es recomendable calibrar las bombas ANTES y DESPUES de los monitoreos para tener un valor más real del flujo de aire que ha pasado por la bomba.

Los pasos a seguir para realizar la calibración de una bomba de muestreo son:

- a) Humedecer la paredes de la probeta o bureta con una solución jabonosa.
- b) Asegurar que no existan fugas en los puntos de las conexiones.
- c) Conectar la bomba al medidor colocando entre los dos el medio de colección (filtro, tubo adsorbedor ó burbujeador).
- d) Poner en operación la bomba.
- e) Regular el flujo de la bomba hasta el nivel deseado moviendo la válvula de control de flujo.
- f) Subir el vaso de precipitados con la solución jabonosa para

formar una burbuja.

- g) Arrancar el cronómetro en el instante en que la burbuja pase por la marca inicial.
- h) Detener el cronómetro en el momento en que la burbuja pase la marca final y registrar el tiempo.
- i) Repetir los pasos (f) a (h) por lo menos 3 veces, antes y después del monitoreo.
- j) Calcular el flujo con la ecuación:

$$\text{FLUJO} = \frac{\text{VOLUMEN COMPRENDIDO ENTRE LA MARCA INICIAL Y FINAL}}{\text{TIEMPO QUE TARDA EN RECORRER LAS DOS MARCAS}}$$

Donde:

FLUJO = ml/min

VOLUMEN = ml

TIEMPO = min

- k) se calcula el flujo promedio sumando los flujos individuales y la suma se divide entre el número de mediciones realizadas. Este promedio es el que se considera como el flujo real para los cálculos de la concentración.

Con la llegada de los circuitos electrónicos existen en el mercado calibradores electrónicos, los cuales dan directamente el valor del flujo en una Pantalla de Cristal Líquido (LCD) sin necesidad de utilizar un cronómetro y lo único que se hace es generar burbujas de jabón, mover la válvula que regula el flujo y leer los valores del flujo en la pantalla. Por supuesto estos dispositivos son costosos, pero ahorran mucho tiempo al Higienista Industrial.

### III. PROGRAMA DE MONITOREO DE AGENTES QUIMICOS.

#### 3.1. IMPORTANCIA.

Es un hecho indudable que en la mayoría de las industrias, y sobre todo en la industria química, el hombre este en contacto con sustancias y productos químicos presentes en el medio ambiente donde desarrolla diariamente su trabajo. Es objetivo fundamental de la Higiene Industrial el conocer la magnitud de esta exposición, por lo que es necesario plantear las bases y el camino a seguir para determinar si los trabajadores están o no expuestos a concentraciones mayores a las permitidas por la ley o por las políticas internas de la compañía en particular, lo cual se logra con la implantación de un adecuado programa de monitoreo de los agentes químicos.

Pero tener los resultados de los monitoreos no es el fin último del Higienista Industrial, sino que son la base para poder tomar acciones en caso de que se determine que existe sobreexposición del personal a estos agentes químicos.

#### 3.2. CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES.

En este momento puede surgir la pregunta: ¿Y contra que valores se comparan los resultados obtenidos durante los monitoreos, para determinar si se tiene un ambiente de trabajo contaminado o no? Para contestar a esta pregunta se debe hacer la aclaración de que en la actualidad existen diversos organismos, tanto públicos como privados, que fijan sus propios valores límites.

A continuación se mencionan las fuentes de información más importantes para la consulta de estos valores.

### 3.2.1. INSTRUCTIVO No. 10

Dentro del REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, se encuentran varios Instructivos que lo hacen operativo. Uno de estos Instructivos es el numero 10, publicado en el Diario Oficial de la Federacion en 1984 por la Secretaria del Trabajo y Prevision Social (STPS). Este Instructivo No. 10 "Relativo a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo, donde se Produzcan, Almacenen o Manejen Sustancias Quimicas capaces de Generar Contaminacion en el Ambiente Laboral", marca las concentraciones máximas que se pueden permitir en un medio ambiente laboral y vienen señaladas en la Tabla I de este Instructivo, en el cual aparecen los NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACION DE LOS CONTAMINANTES (SOLIDOS, LIQUIDOS Y GASEOSOS), EN EL AMBIENTE DE LOS CENTROS TRABAJO, PARA JORNADAS DE 8 HORAS. Estos valores se refieren a la maxima concentración a la que se pueden exponer los trabajadores durante su turno normal de trabajo de 8 horas, día tras día, sin que la mayoría de ellos sufra algún daño a su salud. Vienen expresados en partes por millón (ppm) ó en  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Estos valores fueron tomados de los Valores Umrales Limites (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) para el periodo 1978-1982, y a continuacion se describen.

### 3.2.2. VALORES UMBRALES LIMITE. - THRESHOLD LIMIT VALUES (TLV).

El libro "THRESHOLD LIMIT VALUES AND BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES" publicado anualmente por la ACGIH representa la fuente de información más amplia y confiable con que cuentan actualmente los Higienistas Industriales.



TABLA I

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACION DE LOS CONTAMINANTES (SOLIDOS, LIQUIDOS Y GASEOSOS), EN EL AMBIENTE DE LOS CENTROS DE TRABAJO, PARA JORNADAS DE 8 HORAS

Contaminante	Niveles máximos permisibles de concentración	
	PPM	mg/m <sup>3</sup>
Acrilonitrilo (piel) .....	2A.2	4.5 A.2
Acroleína .....	0.1	0.25
Aguarrás (trementina) .....	100	560
Alcanfor sintético .....	2	12
Alcohol alílico (piel) .....	2	5
Alcohol diacetónico (4 hidroxil 4 metil-2 pentanona) .....	52	250
Alcohol etílico (etanol) .....	1000	1900
Alcohol furfúrico (piel) .....	10	40
Alcohol isoamílico .....	100	360
Alcohol isobutílico .....	50	150
Alcohol isopropílico (piel) .....	400	980
Alcohol metílico (metanol, piel) .....	200	260
Alcohol N-butílico (piel) .....	50	150
Alcohol sec-butílico .....	150	450
Alcohol terbutílico .....	100	300
Aldrin (piel) .....	—	0.25
Algodón (polvos) .....	—	0.2
Alundum .....	—	B.1
Aluminio, alquijos .....	—	2
Aluminio (humos de soldadura) .....	—	5
Aluminio, metal y óxido .....	—	10
Aluminio (sales solubles) .....	—	2
Aluminio (polvos de piro) .....	—	5
2-amino etanol (etanol amina) .....	3	8
4-amino difenil (p-xenilamina) .....	A3	A3
2-amino piridina .....	0.5	2
Amoníaco .....	50	35
Anhídrido acético .....	5	20
Anhídrido itálico .....	2	12
Anhídrido maleico .....	0.25	1.0
Anicidina (isómeros o Y.p.) piel .....	0.1	0.5
Anilina y homólogos (piel) .....	2	10
Antimonio y compuestos (como Sb) .....	—	0.5
Atrazina .....	—	10
Antu (alfa naftil tiourea) .....	—	0.3
Arseniato de calcio (como As) .....	—	1.0
Argón .....	— C	C
Arseniato de plomo (como Pb) .....	—	0.15
Arsénico (soluble como As) .....	—	0.2
Arsina .....	0.05	0.2
Asbestos (todas sus formas) .....	A1	A1

FUENTE: INSTRUCTIVO No. 10. SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL.

Los "Threshold Limit Values" (Valores Umbrales Limites) o TLV, como se conocen normalmente, se refieren a las concentraciones ambientales de las sustancias y representan las condiciones debajo de las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden ser repetidamente expuestos, día tras día, sin que se les presenten efectos adversos. Sin embargo, debido a la gran diferencia que normalmente existe en la susceptibilidad de cada individuo, un pequeño porcentaje de los trabajadores puede experimentar molestias al estar expuesto a ciertas sustancias en concentraciones en o por debajo de estos valores umbrales; un pequeño porcentaje puede ser afectado más seriamente por condiciones previas, predisposición o desarrollo de una enfermedad ocupacional. Otros individuos son los hipersensibles, los cuales resisten más que otros a la acción de ciertas sustancias químicas. Los TLV's están basados en la mejor información disponible de la experiencia industrial, de los estudios experimentales con animales y humanos y, cuando es posible, de una combinación de los tres.

La intención de estos límites es el ser usados en la práctica de la Higiene Industrial como una guía o como una recomendación en el control de peligros potenciales a la salud y no para cualquier otro uso, como por ejemplo, en la evaluación y control de los problemas de contaminación ambiental de una comunidad, ni para exposiciones discontinuas o interrumpidas, ni para periodos de trabajo mayores a los señalados, ni como una prueba de que exista o no una condición física o de daño, ni para la adopción de estos valores por otros países con condiciones de trabajo diferentes de las que prevalecen en los Estados Unidos de America, ni para donde las sustancias o procesos son diferentes. Estos límites no pretenden ser líneas divisorias

entre concentraciones seguras y peligrosas, ni tampoco ser un índice relativo de la toxicidad de una sustancia, y no deben ser usadas por nadie que no esté capacitado en las disciplinas de la Higiene Industrial.

Los TLV's, tal como los publica la ACGIH, son recomendaciones y deben ser usadas como una guía y se debe procurar mantener las concentraciones ambientales tan bajas como sea posible. Los valores de los TLV's están divididos en tres categorías:

a) VALOR UMBRAL LIMITE - PROMEDIO PONDERADO CON EL TIEMPO

(TLV-TWA, THRESHOLD LIMIT VALUE - TIME WEIGHTED AVERAGE):

Estas son las concentraciones promedio ponderadas con el tiempo para una jornada normal de trabajo de 8 horas al día y semana de 40 horas, a las cuales casi todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos, día tras día, sin que sufran un efecto adverso.

b) VALOR UMBRAL LIMITE - LIMITE DE EXPOSICION PARA PERIODOS CORTOS

(TLV-STEL, THRESHOLD LIMIT VALUE - SHORT TERM EXPOSURE LIMIT):

Estas son concentraciones a las cuales los trabajadores pueden estar expuestos continuamente, durante un periodo corto de tiempo, sin sufrir:

- Irritación.
- Daño crónico ó irreversible a los tejidos.
- Narcosis en un grado suficiente para incrementar las posibilidades de un accidente, evitar el escape en una emergencia ó reducir visiblemente la eficiencia del trabajo.

dando por hecho que el TLV-TWA no se ha excedido.

El TLV-STEL no es un límite de exposición independiente, sino que es un complemento del TLV-TWA donde existen efectos agudos reconocidos cuyos efectos tóxicos son principalmente de naturaleza crónica. Los TLV-STEL se recomiendan solo donde se han obtenido reportes de efectos tóxicos por exposiciones elevadas en periodos cortos de tiempo ya sea en humanos o en animales.

El TLV-STEL se define como el promedio ponderado con el tiempo de 15 minutos de exposición, los cuales no se deben exceder en ningún momento de la jornada de trabajo, aún si no se excede el TLV-TWA. Para la comparación con estos valores STEL las exposiciones deben ser menores a 15 minutos y no deben ser repetidas más de cuatro veces por día. Por lo menos debe existir un periodo de 60 minutos entre exposiciones sucesivas al STEL. Un periodo promediado diferente a 15 minutos se recomienda cuando está garantizado que se estudiarán los efectos biológicos.

c) VALOR UMBRAL LIMITE - VALOR TECHO

(TLV-C, THRESHOLD LIMIT VALUE - CELING):

Este se refiere a concentraciones que no deben ser sobrepasadas en ningún instante dentro de la jornada de trabajo.

Es importante hacer notar que si se excede cualquiera de estas categorías, existe el riesgo potencial de que esta sustancia provoque alteraciones a la salud de las personas expuestas. Debido a que, en general, los niveles de concentración de una sustancia en un ambiente de trabajo son muy variables, los promedios ponderados con el tiempo

permiten desviaciones hacia arriba del límite, considerando que se compensan por desviaciones equivalentes hacia abajo del límite durante una jornada de trabajo. Sin embargo, se deben considerar los TLV-STEL y en su caso el TLV-C.

En el libro de los TLV's las sustancias que tienen una letra "C" se refieren a valores "Ceiling" (techo) y los que tienen la notación "Skin" (piel) se refieren a la contribución potencial por vía cutánea (incluyendo membranas mucosas y ojos), a la exposición total, ya sea por sustancias suspendidas en el aire, o bien particularmente por el contacto directo con la misma.

Las sustancias que tienen la notación "piel" y un valor de TLV bajo, pueden presentar problemas a altas concentraciones, particularmente si un área significativa de la piel está expuesta durante largos periodos de tiempo. Tal situación se puede presentar aunque se suministre protección respiratoria, ya que el resto de la superficie corporal se expone.

Las unidades en que se expresan las concentraciones de los TLV's son:

- Para gases y vapores orgánicos en: ppm ó  $\text{mg}/\text{m}^3$
- Para polvo y humos en:  $\text{mg}/\text{m}^3$  ó  $\text{mppcf}$

donde:

*ppm* se refiere a partes del contaminante por un millón de partes de aire en una relación volumen/volumen a 25°C y una presión de 760 mm Hg

$\text{mg}/\text{m}^3$  se refiere a miligramos del contaminante por metro cúbico de aire contaminado en una relación peso/volumen.

*mppcf* se refiere a millones de partículas del contaminante por pie cúbico de aire contaminado, basadas en técnicas de conteo de partículas.

### 3.2.3. OTROS CRITERIOS DE CONCENTRACIONES MAXIMAS.

a) Valores de la Administración de Seguridad e Higiene Ocupacional (OSHA). - En los Estados Unidos de America el criterio legal que se sigue está marcado por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), que es el organismo gubernamental que marca los valores de concentraciones máximas de observación obligatoria en todo el país. Se conocen con las siglas de PEL (Permissible Exposure Limits), que son los límites de exposición permisibles. Estos valores han sido revisados en 1988 por primera vez desde su publicación en 1977.

b) Valores de uso interno. - Algunas compañías grandes en el mundo han fijado sus propios límites para las sustancias que manejan. Por ejemplo, los Límites de Exposición para un Área de Trabajo (WEL, Workplace Exposure Limits), son utilizados por un grupo industrial muy importante a nivel mundial. Estos WEL fijan los criterios a seguir en relación a las concentraciones máximas permitidas en un área de trabajo. En general, los valores de estos WEL son más bajos (y, por tanto, más restrictivos) que los TLV's de la ACGIH.

c) Valores de la Federación Internacional de Sindicatos de Trabajadores de la Química, de la Energía e Industrias Diversas (ICEF). - En el año de 1975 este organismo, que representaba en ese tiempo a seis millones y medio de trabajadores de 63 países, publicó la primera lista comparativa de VLE (Valores Límites de Exposición) dentro del Programa Mundial de Salud Profesional. Estos valores no son una norma de seguridad absoluta, sino una aproximación que los

sindicatos pueden utilizar. En la actualidad se considera que se trabaja con unas 10.000 productos tóxicos y que cada año se introducen 3.000 sustancias diferentes (tóxicas y no tóxicas), existiendo VLE para unas 700 sustancias. Son los valores VLE los más bajos que se han fijado comparado con los valores utilizados en: EUA, Alemania Federal, Países Bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido y México.

### 3.3. ESTRATEGIA DE MUESTREO.

Antes de comenzar a tomar muestras de los contaminantes químicos en el medio ambiente es necesario fijar algunos parámetros. Esta es una labor del Higienista Industrial y de la Gerencia de la planta. Estos parámetros pueden ser los siguientes:

- Información que se requiere obtener.
- Equipo con que se cuenta y su disponibilidad.
- El tipo de muestreo que se realizará: por operación, por área o por puesto de trabajo.
- La exactitud de los procedimientos de muestreo y de los análisis que se van a realizar.
- Datos acerca del número y situación de los trabajadores en la planta.
- Número de muestras a tomar y su distribución en la jornada de trabajo.
- Presupuesto que se tiene para dichos monitoreos.

#### 3.3.1. Tipos de muestreos.

Existen tres diferentes tipos de monitoreo que dependen de los parámetros fijados anteriormente.

a) Por PUESTO: En este tipo de muestreo es el trabajador quien lleva el dispositivo de monitoreo (monitor pasivo, bomba de muestreo, etc.) durante el desarrollo de todas las actividades que implican su puesto de trabajo. En estas actividades puede o no estar expuesto a los contaminantes por lo que este tipo de muestreo toma en cuenta todos los periodos de trabajo-descanso.



El dispositivo de toma de muestra debe estar localizado lo mas cercano posible a las vias respiratorias (p. ej. en la solapa de la camisola del trabajador). La importancia de este tipo de monitoreo radica en que proporciona un panorama de la exposicion de una persona durante el tiempo de muestreo (que usualmente es igual al tiempo que dura su jornada de trabajo), ya que recoge informacion de las distintas incidencias del mismo durante el desarrollo de las diferentes tareas. El mayor inconveniente de este procedimiento consiste en que no proporciona informacion sobre los principales focos o fuentes de exposicion, ni sobre su magnitud y duracion. Los valores de concentracion obtenidos con este tipo de muestreos se comparan con valores máximos del tipo "Time Weighted Average (TWA)", o sea, para 8 horas de exposicion al dia y 40 horas a la semana.

b) Por APEA: Es el que nos ayuda a conocer el nivel de contaminacion que existe en una zona determinada dentro de las instalaciones de un centro de trabajo. Nos proporciona datos suficientes sobre el grado de contaminacion y sus variaciones en las areas de trabajo, así como la localizacion de las principales fuentes de emision de los contaminantes.

c) Por OPERACION: Consiste en llevar a cabo el muestreo unicamente durante la realizacion de una actividad u operacion en particular, en la cual la exposicion sea muy grande o que durante todo el turno de trabajo sea el unico momento en el cual la persona esta en contacto con el contaminante. Para la realizacion de este muestreo es necesario conocer la duracion y los pasos a seguir en esta actividad u operacion y el momento en que se lleva a cabo dentro de la jornada de trabajo. La desventaja de este tipo de muestreo es que su realizacion

no es fácilmente programable, que la mayoría de los procesos industriales dependen de muchos factores, lo que hace casi imposible conocer con exactitud el momento preciso de la realización de esta operación. La importancia de este procedimiento de muestreo es que, una vez identificada esta operación como la de mayor exposición, nos proporciona la magnitud de dicha exposición, que muchas veces es el único instante de exposición o de mayor contacto con el contaminante.

Si la finalidad que se pretende con el muestreo es obtener información lo más completa posible sobre el nivel de contaminación en un puesto de trabajo, lo más recomendable es realizar una combinación del método personal o por puesto y del monitoreo por área.

### 3.3.2. Duración de los monitoreos.

Considerando que en México la duración de un jornada de trabajo es de 8 horas al día, se pueden tomar los monitoreos de la siguiente manera (Figura 10):

a) *Muestra única del periodo completo:* La muestra se toma durante la totalidad de la jornada. Puede tomarse en un área o a un trabajador específico.

b) *Muestras consecutivas del periodo completo:* Se toman dos o más muestras de igual o distinta duración a lo largo de la jornada de trabajo. También pueden ser por área o por puesto.

c) *Muestras consecutivas de periodo parcial:* Se toman muestras de igual o distinta duración que cubre solo parte del tiempo total de exposición o jornada de trabajo. Este tipo de muestras pueden ser por operación o por área.

d) *Muestras puntuales:* Se toman varias muestras, cuya duración es de apenas unos cuantos minutos o segundos, y son tomadas aleatoriamente a lo largo de toda la jornada de trabajo. Pueden ser tomas en un área o durante una operación.

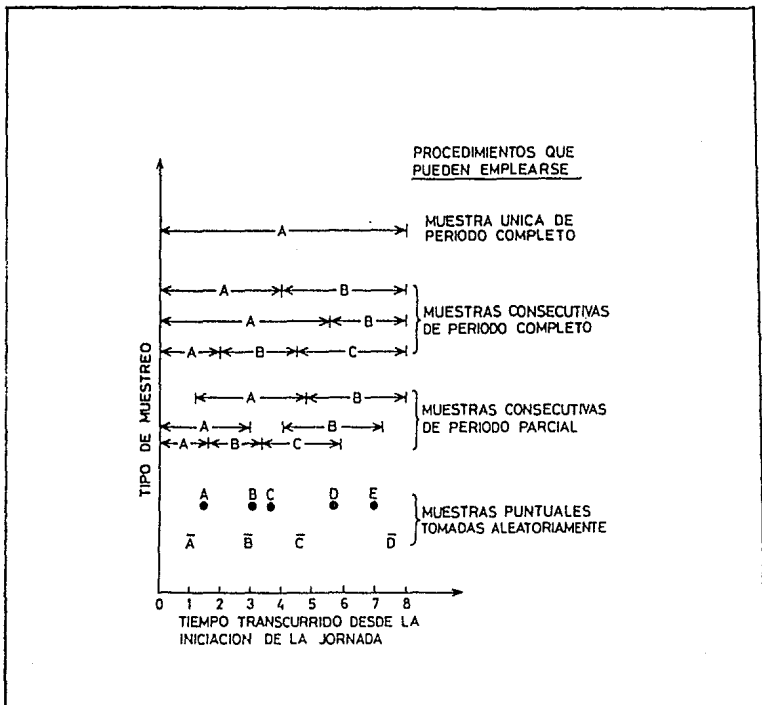


FIGURA 10

TIPOS DE MONITOREOS PARA UNA JORNADA DE TRABAJO DE 8 HORAS

#### 3.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.

Para mostrar como sería un procedimiento de muestreo se utilizará un ejemplo práctico, en el cual además se aplicarán los conceptos señalados hasta este capítulo.

#### IV. EJEMPLO PRACTICO DE UN PROGRAMA DE MONITOREOS DE AGENTES QUIMICOS EN UN MEDIO AMBIENTE LABORAL.

##### 4.1. ANTECEDENTES.

En esta primera parte se describirá un ejemplo practico para que se pueda observar, de una manera global, la metodologia que sigue la Higiene Industrial para el desarrollo de un programa de monitoreos ambientales.

El ejemplo que a continuacion se expone es un problema supuesto, con datos y valores irreales, pero basados en condiciones reales que se pueden encontrar en cualquier industria que maneje sustancias quimicas volátiles.

En la compañía X, situada al Oriente de la Ciudad de México, se elaboran productos quimicos, siendo el Alcohol Isopropilico una de sus varias materias primas.

La Gerencia de esta Planta solicitó al Departamento de Salud Ocupacional (Figura 1), se realizara un estudio para determinar si el personal que trabaja en el área de Exprimido esta sobreexpuerto al Alcohol Isopropilico (IPA), ya que se ha detectado que los vapores de esta sustancia quimica están presentes en esa área de trabajo. Lo anterior se solicitó porque la compañía X considera que su personal es lo más importante que tiene para el desarrollo de sus actividades objetivo, y se preocupa porque sus trabajadores laboren en un medio ambiente libre de contaminantes, además de ser un requisito legal (ver Instructivo No. 10 del Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la S.T.P.S.).

Para el desarrollo de este proyecto se designó al Ingeniero Higienista o Higienista Industrial el cual forma parte del Departamento de Salud Ocupacional, quien siguiendo la metodología de la Higiene Industrial (Reconocimiento, Evaluación y Control), logró cumplir con el objetivo marcado por la Gerencia de la Planta.

#### 4.2. ETAPA DE RECONOCIMIENTO.

El primer paso fue conocer el proceso en el cual se detectaron las emisiones de IPA al medio ambiente, encontrando que la principal fuente de emisión eran dos exprimidores abiertos, donde el IPA volatilizaba libremente al medio ambiente. En la Figura 11 se muestra un esquema de la zona de generación y de acción de estos vapores.

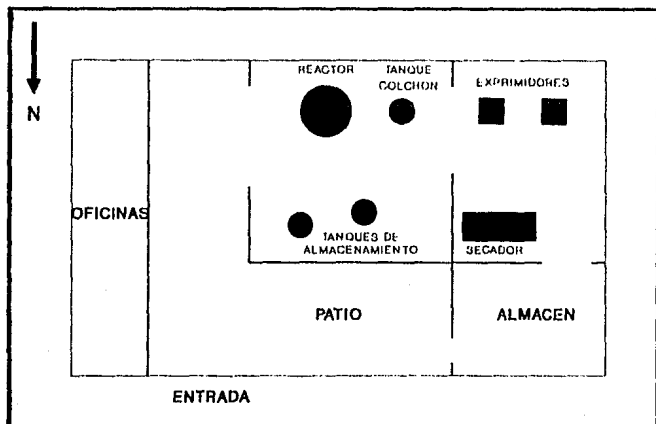


FIGURA 11

FUENTE DE GENERACION DE VAPORES

En esta area laboran dos operadores y un obrero en cada uno de los cuatro grupos de trabajo para tener un total de 12 personas expuestas. Estos trabajadores en promedio permanecen cerca de los exprimidores, realizando maniobras de carga o descarga, durante 6 horas de su turno normal de 8 horas; las otras dos horas las ocupan para realizar otras funciones (comida, elaborar reporte, etc.). La semana laboral es de 5 dias, cambiando de turno cada semana. Debido a que la exposicion a los vapores de IPA era practicamente durante todo el turno, se determino que se desarrollara un programa de monitoreo que abarcara las 8 horas de trabajo y los tres turnos durante un periodo de un mes. Se decidio tambien que los monitoreos serian personales ya que la intencion del estudio era conocer la exposicion del personal a los vapores.

Debido a que las condiciones: de operacion (carga de trabajo, fuerza de trabajo, etc.), ambientales (presion, temperatura, humedad, etc.), laborales (ambiente laboral, paros de produccion, etc.) y otras ajenas a la compania (fallas en el suministro de energia electrica, etc.) son muy variables, es necesario realizar varios monitoreos y promediarlos para tener un resultado confiable. Aqui se debe definir lo que se considera una operacion normal y una operacion anormal. Ninguna Planta opera perfectamente todo el tiempo, por lo que se define como operacion normal aquello que sucede el 90% del tiempo y, condiciones anormales de operacion, lo que sucede en el otro 10% del tiempo. Por lo tanto, se deben tomar un numero de muestras que representen lo que esta sucediendo ese 90% de tiempo. Por lo que el numero minimo de monitoreos que requieren es de 7 para obtener una estimacion de ese nivel de 90% y se puede ilustrar con la frecuencia acumulativa que

representa el porcentaje del tiempo que se alcanza a un nivel determinado y está en función del número de muestras que se obtengan, por ejemplo:

Para 7 muestras		Para 6 muestras	
No. de Muestra	Frecuencia acumulativa	No. de Muestra	Frecuencia acumulativa
1	8.9%	1	10.3%
2	22.5%	2	26.0%
3	36.2%	3	42.0%
4	50.0%	4	58.0%
5	63.8%	5	74.0%
6	77.5%	6	89.7%
7	91.6%		

Claramente se ve que si sólo se hicieran 6 determinaciones no se alcanzaría el nivel de 90%.

Por lo que se decidió que durante las 4 semanas que duraría el programa de monitoreo se tomarían 7 muestras a cada uno de los tres trabajadores en los tres turnos de trabajo para tener un total de 21 muestras, programadas de la siguiente manera:



F E B R E R O						
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
1	2 (1) 1er. TURNO	3	4	5 (2) 2o. TURNO	6	7
8 (3) 2o. TURNO	9	10	11	12	13	14 (4) 2o. TURNO
15	16	17 (5) 3er. TURNO	18	19	20	21
22	23	24	25 (6) 2o. TURNO	26	27 (7) 1er. TURNO	28

Esta programación se planteó tomando en cuenta los recursos con que contaba la Planta que consistían en tres bombas de monitoreo de flujo continuo, las cuales necesitaban por lo menos 16 horas de recarga entre monitoreo y monitoreo. Se pensó en cubrir los tres turnos de trabajo y los siete días de la semana, para tener un panorama más amplio del comportamiento de los valores.

#### 4.9. ETAPA DE EVALUACION.

Una vez determinado el tipo, duracion y frecuencia de los monitoreos se procedio a medir la concentracion ambiental del contaminante (IPA) presente en el sitio de trabajo, a la cual los trabajadores de esa area estan expuestos. El proceso de evaluacion (Figura 12) no consiste unicamente en medir la concentracion, sino que es necesario comparar los resultados obtenidos con estandares previamente establecidos que nos servirán como referencia para conocer si la exposicion está por encima o por debajo de este nivel maximo permitido. En este caso particular, se consulto la Tabla I del Instructivo No. 10 del Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo (que se muestra en la pagina 33) en la cual se encuentra el nivel maximo permisible de concentracion para el Alcohol Isopropilico (IPA) que es de 400 ppm (380 mg/m<sup>3</sup>) para jornadas de 8 horas de trabajo.

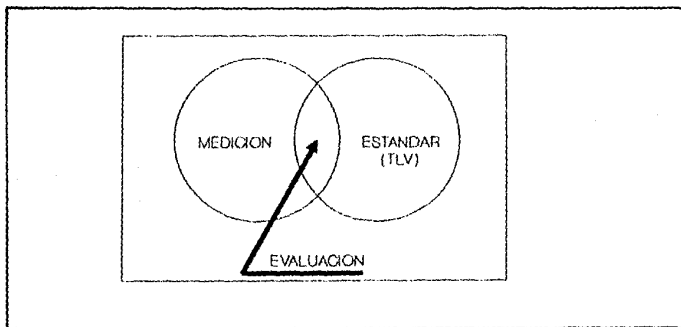


FIGURA 12

PROCESO DE EVALUACION

Antes de comenzar con los monitoreos fue necesario recopilar la información que a continuación se menciona:

- Duración del monitoreo.
- Flujo de muestreo.
- Volumen mínimo de aire.
- Medio de colección del contaminante.
- Lugar y costo del análisis químico.

Existen diversas fuentes de información donde se pueden obtener estos datos, como por ejemplo, los métodos de la NIOSH o los de la OSHA. Para este caso particular se consultó un catálogo de productos de una compañía americana que vende equipos y materiales para monitoreos ambientales. Por lo que los datos para el monitoreo de IPA son:

- Tubo estándar de carbón activado de dos secciones (50 100 mg), como medio de colección.
- Flujo de 20 ml/min.
- Tiempo mínimo de muestreo de 150 minutos.
- Volumen mínimo de aire colectado de 3000 ml.

Como se definió anteriormente, la duración del muestreo fue de 8 horas (480 minutos), colocando la bomba al operador al inicio del turno y retirándola al finalizar la jornada de trabajo.

De los varios laboratorios de análisis químicos se eligió al Laboratorio YZ para que realizara los análisis de las muestras por ser el que mejor servicio y calidad de análisis tiene.

Cada vez que se llevó a cabo un monitoreo se procedió a calibrar las bombas (ver capítulo 2.4), antes y después.

Una vez calibradas las bombas fueron encargadas al Supervisor de Turno del Area de Exprimido para que las colocara a los trabajadores e iniciaran su operacion al empezar el turno, asi como supervisar que las personas muestreadas no alteraran los resultados del monitoreo (p. ej. quitandose o apagando la bomba, colocando el medio de coleccion encima o dentro de los exprimidores, etc.). Al final del turno el Supervisor fue el encargado de quitar y apagar las bombas, ademas de sellar los tubos de carbon activado, identificarlos, etiquetarlos y guardarlos dentro de un refrigerador. Al dia siguiente del muestreo, el Higienista Industrial envio estos tubos al Laboratorio Y2 para su analisis quimico. Los resultados de este analisis fueron recibidos dentro de la semana siguiente.

En las paginas siguientes se presentan las hojas de campo de los 21 monitoreos realizados segun el calendario presentado anteriormente, asi como tres tablas de resultados acompañadas de sus respectivas graficas para los tres puestos monitoreados: Operador de Primera (Operador 1), Operador de Segunda (Operador 2) y Obrero.

**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA		DEPARTAMENTO		MUESTRA	TURNO	FECHA				
Compañía X (Mexico)		Exp. primario		No. 1	1°	16/2 Feb 89				
NOMBRE DEL TRABAJADOR			PUESTO							
(*)			(*)							
ACTIVIDADES ESPECIFICAS										
Carga, descarga en los exprimidores										
EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA										
Zapatos de seguridad, lentes, guantes										
MATERIAL MUESTREADO		TIPO MUESTREO		SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA)						
Exp. profanal		<input checked="" type="radio"/> PERSONAL <input type="radio"/> AREA								
EQUIPO DE MUESTREO		MEDIO DE COLECCION								
Bombas No. 1, 2 y 3		<input checked="" type="radio"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="radio"/> FILTRO <input type="radio"/> BUBBLEADOR <input type="radio"/> MONITOR <input type="radio"/> OTRO								
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO		CONDICIONES ATMOSFERICAS								
11 Feb 89		PRESION BAROMETRICA: 555 mm Hg		TEMPERATURA BULBO HUMEDO: —		TEMPERATURA BULBO SECO: 12°C				
CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO										
ninguno										
LECTURA		HORA		MUESTRA		ANALISIS			CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DURACION M. MINUTOS	FLUIDO ml/min.	VOLUMEN	CONTAMINANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCENTRACION	METODO ANALITICO
Bomba 1	6:00 am	14:00	4:50	480	19.7	450 ml	—	11.85 mg	1245.2	Asma, Ag
Bomba 2	6:00 am	14:00	4:50	480	20.1	464 ml	—	8.3 mg	890.3	" "
Bomba 3	6:00 am	14:00	4:50	480	19.7	456 ml	—	4.5 mg	485.0	" "

**CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

(\*) Bomba      Nombre      Puesto  
 1      Torres G. Arturo      Operador de 1°  
 2      Rodriguez S. Sergio      Operador de 2°  
 3      Ramirez F. Jorge      Chirero

 JEFE DEPARTAMENTO O AREA	 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	 DEPARTAMENTO MEDICO	 JEFE SEC. O ING. HIGIENISTA
---	---	--	--

**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA	DEPARTAMENTO	MUESTRA	TURNO	FECHA
Compañía X (México)	Expresión de	NO. 2	3 <sup>ra</sup>	11:5 Feb 89
NOMBRE DEL TRABAJADOR		PUESTO		
(*)		(*)		
ACTIVIDADES ESPECÍFICAS				
Carga descarga de los exprimidores				
EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA				
Zapatos de seguridad, lentes, guantes				
MATERIAL MUESTREADO	TIPO MUESTREO		SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA)	
Inciproparel	<input checked="" type="checkbox"/> PERSONAL <input type="checkbox"/> AREA		---	
MEDIO DE COLECCION				
Bombas No 1, 2 y 3 <input checked="" type="checkbox"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="checkbox"/> FILTRO <input type="checkbox"/> BURBUJEADOR <input type="checkbox"/> MONITOR <input type="checkbox"/> OTRO				
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO		CONDICIONES ATMOSFERICAS		
11/4 Feb 89		PRESSION BARMETRICA: 555 mm. Hg	TEMPERATURA BULBO HUMEDO:	TEMPERATURA BULBO SECO: 8°C
CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO				

*Wingate*

LECTURA		HORA		MUESTRA			ANALISIS				CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DURACION MINUTOS	FLUJO ml/min.	VOLUMEN	CONTAMINANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCENTRACION	METODO ANALITICO	
Bomba 1	22:00	6:00	4:00	20.2	1696.1	---	16.26 mg	1659.0	1 mg/m <sup>3</sup>	90°C	90°C
Bomba 2	22:00	6:00	4:00	20.1	760.1	---	7.00 mg	96.4	"	"	"
Bomba 3	22:00	6:00	4:00	19.6	1468.1	---	4.11 mg	469.8	"	"	"

**CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

(\*) Bomba                      Bomba                      Puesto

1      Tello H. Roberto                      Cepedera 1<sup>o</sup>

2      Villasaca D. José                      Cepedera 2<sup>o</sup>

3      Menace F. Julián                      Chirre

JEFE DEPARTAMENTO O AREA	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	DEPARTAMENTO MEDICO	JEFE SEC. O ING. HIGIENISTA
--------------------------	----------------------------	---------------------	-----------------------------

**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA <i>Compania X (Alexis)</i>	DEPARTAMENTO <i>Explosivos</i>	MUESTRA NO. <i>3</i>	TURNO <i>2º</i>	FECHA <i>14 Feb 89</i>
NOMBRE DEL TRABAJADOR <i>(*)</i>		PUESTO <i>(*)</i>		
ACTIVIDADES ESPECIFICAS <i>Carga y descarga de los explosivos</i>				
EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA <i>Zapatos de seguridad, lentes grandes</i>				
MATERIAL MUESTREADO <i>Isocipanel</i>	TIPO MUESTREO <input checked="" type="radio"/> PERSONAL <input type="radio"/> AREA		SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA) —	
EQUIPO DE MUESTREO <i>Bombas No 1, 2 y 3</i>	MEDIO DE COLECCION <input checked="" type="radio"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="radio"/> FILTRO <input type="radio"/> BUREJLEADOR <input type="radio"/> MONITOR <input type="radio"/> OTRO			
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO <i>De 7 Feb 89</i>	CONDICIONES ATMOSFERICAS PRESION BAROMETRICA: <i>535 mm Hg</i>		TEMPERATURA BULBO HUMEDO: —	TEMPERATURA BULBO SECO: <i>15°C</i>
CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO				

*ninguno*

LECTURA		HORA		MUESTRA			ANALISIS				CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DURACION MINUTOS	FLUJO ml/min	VOLUMEN	CONTA-MINANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCENTRACION	METODO ANALITICO	
<i>Bomba 1</i>	<i>14:00</i>	<i>14:00</i>	<i>22:00</i>	<i>480</i>	<i>20.0</i>	<i>9600 ml</i>	—	<i>16.26 mg</i>	<i>1131.6</i>	<i>Quimico</i>	<i>950 mg/m³</i>
<i>Bomba 2</i>	<i>14:00</i>	<i>22:00</i>	<i>480</i>	<i>20.1</i>	<i>9648 ml</i>	—	<i>16.14 mg</i>	<i>1003.0</i>	"	"	"
<i>Bomba 3</i>	<i>14:00</i>	<i>22:00</i>	<i>480</i>	<i>20.2</i>	<i>9696 ml</i>	—	<i>16.16 mg</i>	<i>476.1</i>	"	"	"

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

<i>(*) Bomba</i>	<u>Nombre</u>	<u>Puesto</u>
<i>1</i>	<i>Cruz R. Juan</i>	<i>Operador 1º</i>
<i>2</i>	<i>Gómez G. Daniel</i>	<i>Operador 2º</i>
<i>3</i>	<i>Pérez E. Ricardo</i>	<i>Operario</i>

  
JEFE DEPARTAMENTO O AREA

  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

  
DEPARTAMENTO MEDICO

  
JEFE SEG. O ING. HIGIENISTA

**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA		DEPARTAMENTO		MUESTRA	TURNO	FECHA					
Compañía X (Aluminio)		Expresado		NO. 4	2°	Do 19 Feb 89					
NOMBRE DEL TRABAJADOR			PUESTO								
(*)			(*)								
ACTIVIDADES ESPECIFICAS											
Carga y descarga de los exprimidores											
EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA											
Zapatos de seguridad, lentes, guantes											
MATERIAL MUESTREADO		TIPO MUESTREO		SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA)							
Inapropiada		<input checked="" type="radio"/> PERSONAL <input type="radio"/> AREA									
EQUIPO DE MUESTREO		MEDIO DE COLECCION									
Bombas No 1, 2 y 3		<input checked="" type="radio"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="radio"/> FILTRO <input type="radio"/> BURBUJEADOR <input type="radio"/> MONITOR <input type="radio"/> OTRO									
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO		CONDICIONES ATMOSFERICAS									
30 13 Feb 89		PRESION BAROMETRICA: 535 mm Hg		TEMPERATURA BULBO HUMEDO: —		TEMPERATURA BULBO SECO: 13°C.					
CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO											
ninguno											
LECTURA		HORA		MUESTRA		ANALISIS					
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DURACION MINUTOS	FLUJO LPM/HR.	VOLUMEN	CONTA- NIMANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCEN- TRACION	METODO ANALITICO	CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE
Bomba 1	14:00	22:00	4:30	450	14.7	455 ml	—	11.76 g	234.0	Química	130 mg/m <sup>3</sup>
Bomba 2	14:00	22:00	4:30	300	26.1	764 ml	—	6.53 g	467.1	"	"
Bomba 3	14:00	22:00	4:30	190	19.3	524 ml	—	4.34 g	483.4	"	"

**CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

(\*) Bomba 1 Nombre Pedro  
 2 Tenorio S. Silvestre Operador 1°  
 3 Rodriguez S. Sergio Operador 2°  
 Ramirez F. Jorge Operario

 JEFE DEPARTAMENTO O AREA	 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	 DEPARTAMENTO MEDICO	 JEFE SEC. O JNC. HIGIENISTA
---	---	--	--



**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA <i>Compañía (Uxiro)</i>		DEPARTAMENTO <i>Expresado</i>		NUESTRA NO. <i>5</i>	TURNO <i>3<sup>er</sup></i>	FECHA <i>4.17 Feb 59</i>					
NOMBRE DEL TRABAJADOR <i>(*)</i>				PUESTO <i>(*)</i>							
<b>ACTIVIDADES ESPECIFICAS</b>											
<i>Carga y descarga de los exprimidores</i>											
<b>EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA</b>											
<i>casaca de seguridad, lentes, guantes</i>											
MATERIAL MUESTREADO <i>Espejo panel</i>		TIPO MUESTREO <input checked="" type="radio"/> PERSONAL <input type="radio"/> AREA		SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA)							
EQUIPO DE MUESTREO <i>Bombas n. 1, 2 y 3</i>		MEDIO DE COLECCION <input checked="" type="radio"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="radio"/> FILTRADO <input type="radio"/> BURBUJEADOR <input type="radio"/> MONITOR <input type="radio"/> OTRO									
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO <i>4.16 Feb 59</i>		PRESION BAROMETRICA: <i>555 mm Hg</i>			CONDICIONES ATMOSFERICAS TEMPERATURA BULBO HUMEDO: <i>—</i>		TEMPERATURA BULBO SECO: <i>10°C</i>				
<b>CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO</b>											
<i>Ninguno</i>											
LECTURA		HORA		MUESTRA			ANALISIS		CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE		
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DURACION MINUTOS	FLUJO L/Min.	VOLUMEN	CONTAMINANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCENTRACION	METODO ANALITICO	
<i>Bomba 1</i>		<i>22:00</i>	<i>6:00</i>	<i>430</i>	<i>20.0</i>	<i>1600 ml</i>	<i>—</i>	<i>1.610</i>	<i>1000.1</i>	<i>Gravim.</i>	<i>98°C/m<sup>3</sup></i>
<i>Bomba 2</i>		<i>22:00</i>	<i>6:00</i>	<i>430</i>	<i>20.1</i>	<i>1640 ml</i>	<i>—</i>	<i>1.610</i>	<i>998.6</i>	<i>"</i>	<i>"</i>
<i>Bomba 3</i>		<i>22:00</i>	<i>6:00</i>	<i>450</i>	<i>19.8</i>	<i>1564 ml</i>	<i>—</i>	<i>4.987</i>	<i>471.9</i>	<i>"</i>	<i>"</i>
<b>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS</b>											
<i>(*) Bomba                  Nombre                  Puesto</i>											
<i>1                  Genesio F. Genesio                  Operador 1<sup>o</sup></i>											
<i>2                  Dominguez Z. Arturo                  Operador 2<sup>o</sup></i>											
<i>3                  Garcia C. Ramon                  Obispo</i>											

*[Signature]*  
JEFE DEPARTAMENTO O AREA

*[Signature]*  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

*[Signature]*  
DEPARTAMENTO MEDICO

*[Signature]*  
JEFE SEC. O ING. HIGIENISTA



**REGISTRO DE MONITOREOS AMBIENTALES**

PLANTA	DEPARTAMENTO	MUESTRA	TURNO	FECHA
Compañía X (MEXICO)	Expimide	NO. 7	1 <sup>a</sup>	5 de 27 Feb 59
HOMBRE DEL	TRABAJADOR	PUESTO		
(*)		(*)		
ACTIVIDADES ESPECIFICAS				
Carga y descarga de los comprimidos				
EQUIPO DE PROTECCION QUE UTILIZA				
zapatos de seguridad, lentos grandes.				
MATERIAL MUESTREADO	TIPO MUESTREO	SITIO DE MUESTREO (SOLO EN AREA)		
F. exp. panel	<input checked="" type="radio"/> PERSONAL <input type="radio"/> AREA			
EQUIPO DE MUESTREO	MEDIO DE COLECCION			
Bombas No 1, 2 y 3	<input checked="" type="radio"/> TUBO CARBON ACTIVADO <input type="radio"/> FILTRO <input type="radio"/> BURBUJeador <input type="radio"/> MONITOR <input type="radio"/> OTRO			
FECHA CALIBRACION DEL EQUIPO	CONDICIONES ATMOSFERICAS			
15 de 1 de 59	PRESION BAROMETRICA: 555 mm Hg	TEMPERATURA BULBO HUMEDO: --	TEMPERATURA BULBO SECO: 12°C	
CONTROLES DE INGENIERIA O ADMINISTRATIVOS EN USO				

Ninguna

LECTURA		HORA		DURACION		MUESTRA		ANALISIS			
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MINUTOS	FLUJO ml/min.	VOLUMEN	CONTA-MINANTE	CANTIDAD COLECTADA	CONCENTRACION	METODO ANALITICO	CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE
Bomba 1	6:00	14:00	4:30	20.0	20.0	766.0		12.00	1277.9	metodo	950 mg/m <sup>3</sup>
Bomba 2	6:00	14:00	4:30	20.0	20.0	964.6 ml		7.10	954.8	"	"
Bomba 3	6:00	14:00	4:30	19.9	19.9	959.2 ml		4.42	470.5	"	"

**CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**


(\*) Bombas      Nombre      Puesto

1      Gonzalez Z. Gerardo      Operador 1<sup>a</sup>

2      Dominguez Z. Arturo      Operador 2<sup>a</sup>

3      Garcia C. Ramon      Operador

  
JEFE DEPARTAMENTO O AREA

  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

  
DEPARTAMENTO MEDICO

  
JEFE DE LABORATORIO

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

MONITOREO AMBIENTAL

TABLA I

\*\*\*\*\*

\* ISOPROPANOL \*

\*\*\*\*\*

OPERADOR 1

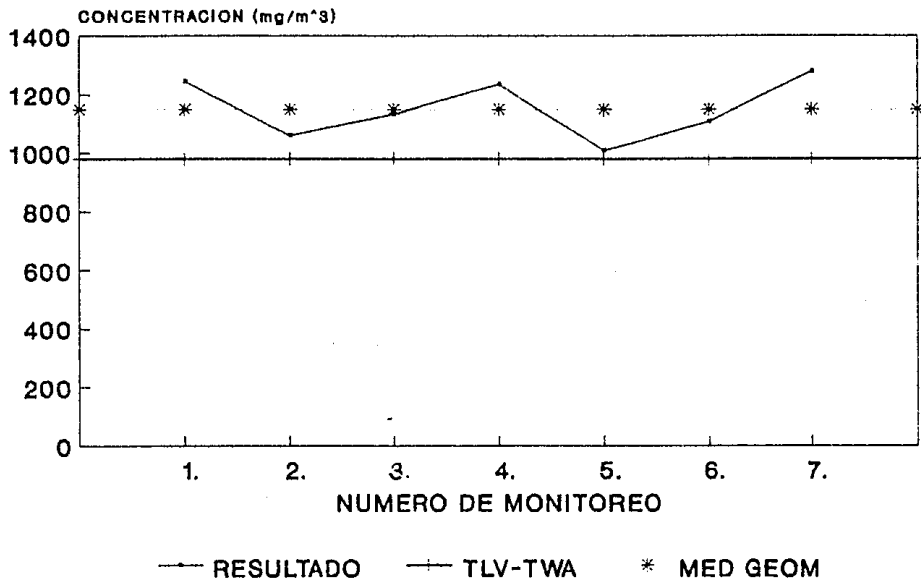
NOMBRE	FECHA	CONCENTRACION (mg/m <sup>3</sup> )	OBSERVACIONES
1. TORRES G. ARTURO	2 FEB 89	1245.2	
2. TELLO H. HERIBERTO	5 FEB 89	1059.0	
3. CRUZ R. JUAN	8 FEB 89	1131.6	
4. TORRES S. SILVESTRE	14 FEB 89	1234.0	
5. GONZALEZ F. GONZALO	17 FEB 89	1008.1	MINIMA CONCENTRACION
6. CRUZ R. JUAN	25 FEB 89	1107.2	
7. GONZALEZ F. GONZALO	27 FEB 89	1277.9	MAXIMA CONCENTRACION

CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE = 980 mg/m<sup>3</sup>

MEDIA GEOMETRICA PARA 7 VALORES = 1147.9 mg/m<sup>3</sup>

# MONITOREO AMBIENTAL

## ISOPROPANOL - OPERADOR 1



MONITOREO AMBIENTAL

TABLA II

\*\*\*\*\*

\* ISOPROPANOL \*

\*\*\*\*\*

OPERADOR 2

NOMBRE	FECHA	CONCENTRACION (mg/m <sup>3</sup> )	OBSERVACIONES
1. RODRIGUEZ S. SERGIO	2 FEB 89	890.3	MINIMA CONCENTRACION
2. VILLASECA D. JOSE	5 FEB 89	900.4	
3. GOMEZ G. DANIEL	8 FEB 89	1003.0	MAXIMA CONCENTRACION
4. RODRIGUEZ S. SERGIO	14 FEB 89	987.1	
5. DOMINGUEZ Z. ARTURO	17 FEB 89	996.6	
6. GOMEZ G. DANIEL	25 FEB 89	970.0	
7. DOMINGUEZ Z. ARTURO	27 FEB 89	984.8	

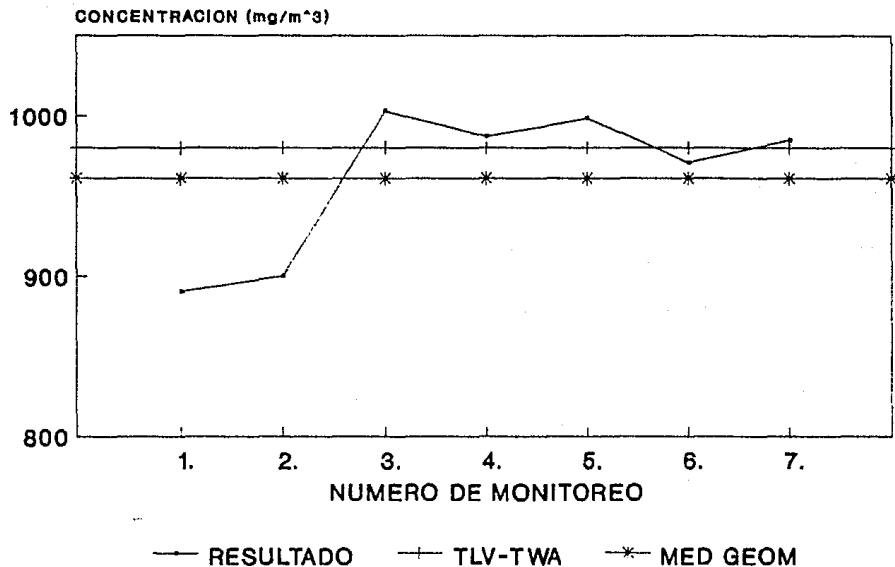
CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE = 980 mg/m<sup>3</sup>

MEDIA GEOMETRICA PARA 7 VALORES = 961.14 mg/m<sup>3</sup>

HIGIENE INDUSTRIAL

# MONITOREO AMBIENTAL

## ISOPROPANOL - OPERADOR 2



HIGIENE INDUSTRIAL

MONITOREO AMBIENTAL

TABLA III

\*\*\*\*\*  
 \* ISOPROPANOL \*  
 \*\*\*\*\*

OBRERO

NOMBRE	FECHA	CONCENTRACION (mg/m <sup>3</sup> )	OBSERVACIONES
1. RAMIREZ F. JORGE	2 FEB 89	485.0	
2. MERCADO F. JULIAN	5 FEB 89	469.8	MINIMA CONCENTRACION
3. PEREZ E. RICARDO	8 FEB 89	476.1	
4. RAMIREZ F. JORGE	14 FEB 89	483.4	
5. GARCIA C. RAMON	17 FEB 89	471.9	
6. PEREZ E. RICARDO	25 FEB 89	487.2	MAXIMA CONCENTRACION
7. GARCIA C. RAMON	27 FEB 89	470.3	

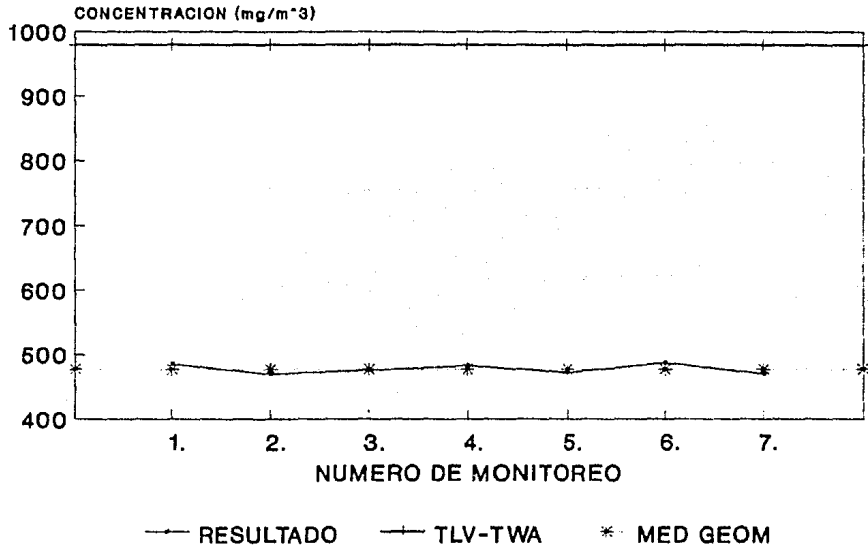
CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE = 930 mg/m<sup>3</sup>

MEDIA GEOMETRICA PARA 7 VALORES = 447.62 mg/m<sup>3</sup>



# MONITOREO AMBIENTAL

## ISOPROPANOL - OBRERO



HIGIENE INDUSTRIAL

#### 4.4. ANALISIS DE RESULTADOS.

A continuacion se describiran los resultados obtenidos durante los monitoreos.

##### OPERADOR 1.

En la Tabla I se puede observar que todos los valores estan por arriba del valor de la concentracion maxima permitida (989  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), siendo el valor maximo de 1277.9  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  y la media geometrica de 1147.9  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , lo que significa que las personas que ocupan el puesto de Operador de Primera (Operador 1) estan sobreexpuestas a los vapores de IPA. En la grafica ISOPROPANOL-OPERADOR 1 se muestran estos resultados.

##### OPERADOR 2.

En la Tabla II se tienen los resultados obtenidos para el Operador de Segunda (Operador 2). Se observa que tres valores estan por debajo del maximo permitido y cuatro lo estan por arriba. Si se calcula la media geometrica de estos siete valores, se obtiene que esta por debajo del maximo, pero muy cercano a este. En la grafica ISOPROPANOL- OPERADOR 2 se ve que en los dos primeros muestreos la concentracion fue más baja que la maxima permitida, incrementandose en los siguientes cinco monitoreos. En este caso es necesario averiguar que sucedio en esos primeros dos muestreos, pero de antemano se puede decir que los trabajadores que ocupan el puesto de Operador 2 tambien estan expuestos a los vapores de IPA, pero en menor cantidad que el Operador 1.

##### OFIERO

En la Tabla III y en la grafica correspondiente se observa claramente que estas personas no estan sobreexpuestas a los vapores de IPA, ya que los resultados obtenidos son muy bajos.

## V. CONCLUSIONES.

5.1. Como se ha mencionado anteriormente el objetivo de los monitoreos ambientales en Higiene Industrial es determinar la posible sobreexposición del personal a agentes químicos, por lo que, con base en los resultados obtenidos (Tablas I, II, III y Gráficas correspondientes) en el capítulo anterior se concluye lo siguiente:

a) Los cuatro Operadores de Primera (Operador 1) están sobreexpuestos a los vapores de IPA en un 17% aproximadamente, considerando que el valor máximo que permite la Ley es de  $980 \text{ mgm}^{-3}$  y el valor de la media geométrica para los siete monitoreos es de  $1147.9 \text{ mgm}^{-3}$ . Esto nos indica (y en este momento se entra a la Etapa de Control) que se tienen que implementar medidas de Control para disminuir considerablemente la cantidad de IPA presente en el medio ambiente donde laboran estas personas, de la cuales se hablara más adelante.

b) Los cuatro Operadores de Segunda (Operador 2), del área de exprimido, están por debajo de la concentración máxima permitida en aproximadamente un 2 %, por lo que se recalca la necesidad de implementar medidas de control inmediatas para disminuir esta exposición del personal.

c) Los cuatro Obreros que laboran en esa área están dentro del intervalo seguro de exposición a vapores orgánicos, ya que su exposición es del 45% del valor máximo permitido. Esto se debe a que estas personas, por las funciones de su puesto de trabajo, no están en contacto directo con el IPA, ya que su trabajo consiste en apoyar a los dos Operadores y a realizar labores de limpieza.

5.2. Las medidas de control que se pueden implementar inmediatamente, unicamente se mencionan a continuacion ya que no es el objetivo de esta tesis el profundizar en estos aspectos:

a) Dotar al personal de equipo de proteccion respiratoria, como por ejemplo: mascarillas de media pieza facial con cartuchos quimicos para vapores organicos, mascarillas de pieza facial completa tipo Canister, etc.

b) Disminuir el tiempo de exposicion de los Operadores, por ejemplo, capacitando a otras personas para que lleven a cabo estas tareas y dividiendo la jornada de trabajo entre este nuevo grupo de personas y el anterior, de tal manera que los trabajadores esten el menor tiempo posible en contacto con los vapores de IPA.

c) Plantear la posibilidad de cambiar el actual sistema de exprimido (el cual ya es bastante obsoleto) por un nuevo sistema, que puede ser mas eficiente, y evitar la exposicion del personal a los vapores de IPA. Se puede pensar en un sistema cerrado de filtracion.

d) Diseñar un sistema de extraccion de los vapores, en el mismo lugar donde se estan generando y conducirlos a la atmosfera por medio de un ventilador a traves de un sistema de ductos. Para evitar la posible contaminacion ambiental se puede pensar en un sistema lavador de gases o en un sistema de absorcion, para que el vapor de IPA quede atrapado en el liquido de lavado o absorbido en el medio de absorcion.

5.3. Definitivamente para implementar medidas adecuadas y estrictas de control de agentes químicos es necesario contar con datos confiables de monitoreos ambientales, por lo que se concluye este trabajo, mencionando la necesidad de contar con profesionistas o técnicos con los conocimientos y experiencia necesarios para establecer un programa de monitoreo de agentes químicos en cualquier medio ambiente laboral donde se detecte la presencia de agentes contaminantes dañinos para la salud del hombre y con esto cumplir con el objetivo fundamental de la Higiene Industrial:

**CUIDAR LA SALUD DEL TRABAJADOR.**

## VI. BIBLIOGRAFIA.

- 6.1. "MANUAL DE HIGIENE INDUSTRIAL", CELANESE MEXICANA, S.A.  
PAG. 1-11, 53-96. MEXICO (1987). 2ª edicion.
- 6.2. "CURSO DE HIGIENE INDUSTRIAL", FUNDACION MAPFRE.  
PAG. 1 - 242. ESPAÑA (1983).
- 6.3. "THE THRESHOLD LIMIT VALUES AND BIOLOGICAL EXPOSURE LIMITS FOR 1983-1989", ACCIH. PAG. 1-47. USA (1983).
- 6.4. "THE INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL - ITS EVALUATION AND CONTROL",  
NIOSH. PAG. 75 - 297. USA (1973).
- 6.5. "FUNDAMENTOS DE HIGIENE INDUSTRIAL", CONSEJO INTEFAMERICANO DE  
SEGURIDAD. CAP. 3 PAG. 1-5 USA (1978).
- 6.6. "TEMAS DE HIGIENE INDUSTRIAL - IV SIMPOSIUM DE HIGIENE  
INDUSTRIAL", FUNDACION MPFRE. PAG. 219 - 247. ESPAÑA (1982).
- 6.7. REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO E  
INSTRUCTIVOS. IMSS. PAG. 141 - 167. MEXICO (1987).
- 6.8. AIR SAMPLING INSTRUMENTS FOR EVALUATION OF ATMOSPHERIC  
CONTAMINANTS. American Conference of Governmental Industrial  
Hygienist. 5th Edition. OHIO. USA (1983). Part I y II.
- 6.9. OCCUPATIONAL EXPOSURE SAMPLING STRATEGY MANUAL. Level H.A.,  
Busch K.A., Lynch J.P. U.S. Department of Health, Education and  
Welfare, N.I.O.S.H., OHIO, USA (1977). PP. 132